

Warum ist Linux für Embedded-Systeme so attraktiv?

Carsten Emde

Open Source Automation Development Lab

(OSADL) eG



22.-25. Mai 2013 in Berlin
**EUROPE'S LEADING
OPEN SOURCE EVENT**
CONFERENCE | EXHIBITION | PROFESSIONAL DEVELOPMENT

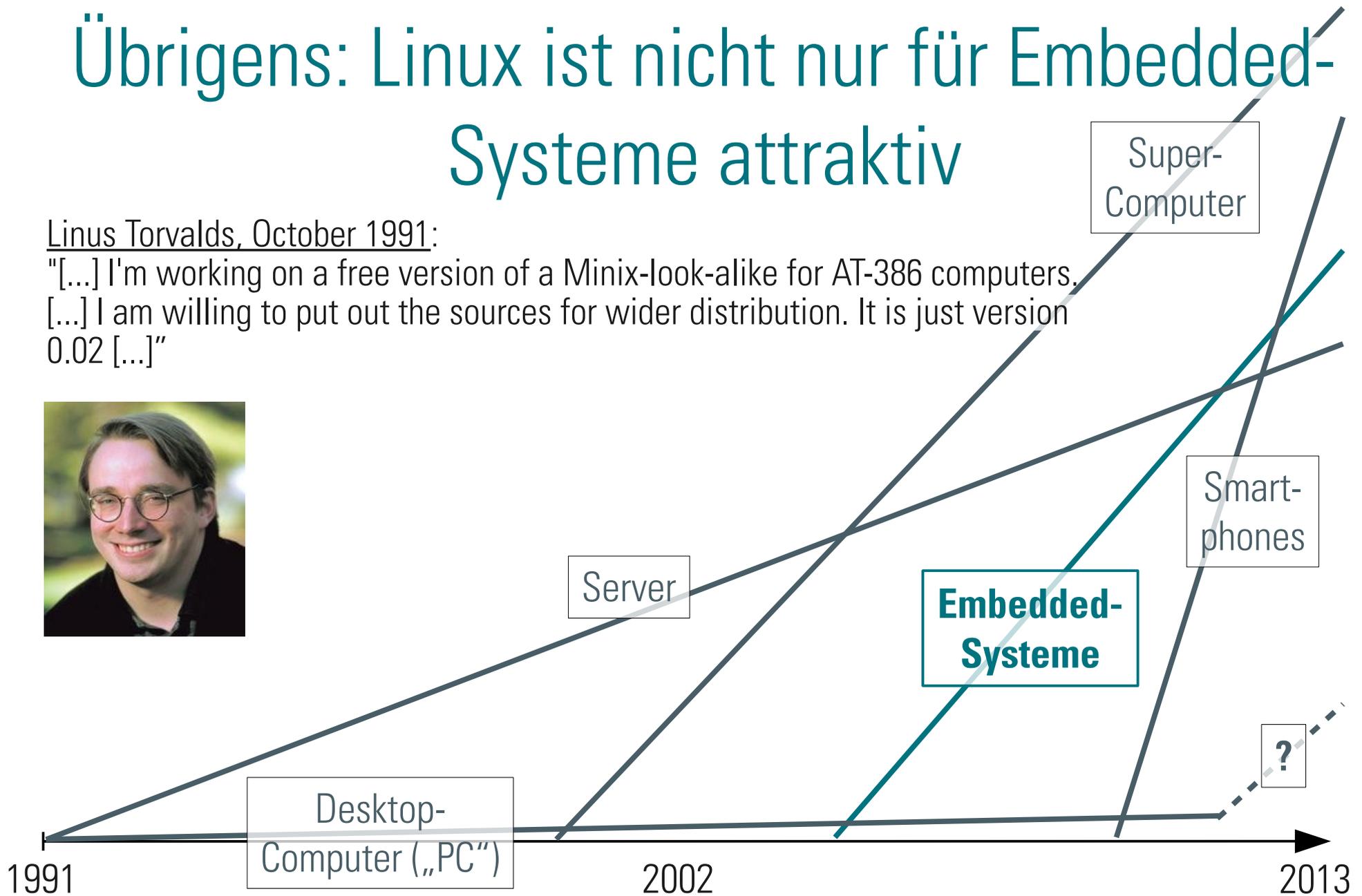
Warum ist Linux für Embedded-
Systeme so attraktiv?
LinuxTag 22. Mai 2013



Übrigens: Linux ist nicht nur für Embedded-Systeme attraktiv

Linus Torvalds, October 1991:

"[...] I'm working on a free version of a Minix-look-alike for AT-386 computers. [...] I am willing to put out the sources for wider distribution. It is just version 0.02 [...]"



Beispiele von Embedded-Systemen



Flachfernseher



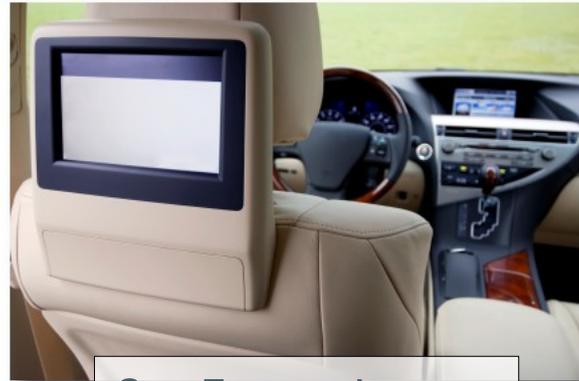
Industrielle Automatisierung



Weltraumtechnik



Router und Modems



Car-Entertainment



Sind dies nicht eigentlich auch Embedded-Systeme?

Besonderheiten von Embedded-Systemen

- Hohe Anforderungen an Stabilität und Zuverlässigkeit
 - Produktstabilität (z.B. > 10 Jahre Ersatzteil-Lieferung)
 - Laufzeitstabilität (z.B. jahrelanger Betrieb ohne Neustart)
 - Betriebssicherheit („Safety“)
 - Einbruchsicherheit („Security“)
- Viele Schritte in einer Herstellungskette bis zum Produkt
 - Linuxkernel-Entwickler → Chiphersteller → Boardhersteller → Gerätehersteller → OEM-Distributor → Anwender → usw.

Also fragen wir uns: Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

Ist Linux attraktiv, ...

- **... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?**
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux unter einer speziellen freien Lizenz weitergegeben werden kann?

Der Linuxkernel wird unter der GNU GPLv2 lizenziert. Diese Abkürzung steht für GNU General Public License in der Version 2. Es handelt sich um eine Lizenz mit starkem „Copyleft“.

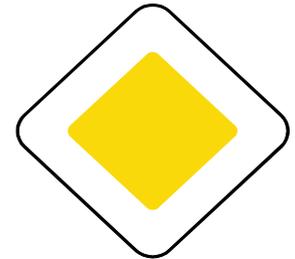
Was ist „Copyleft“?



Closed Source



Open Source



Open Source
mit **Copyleft**

GPL



GPL



GPL



GPL



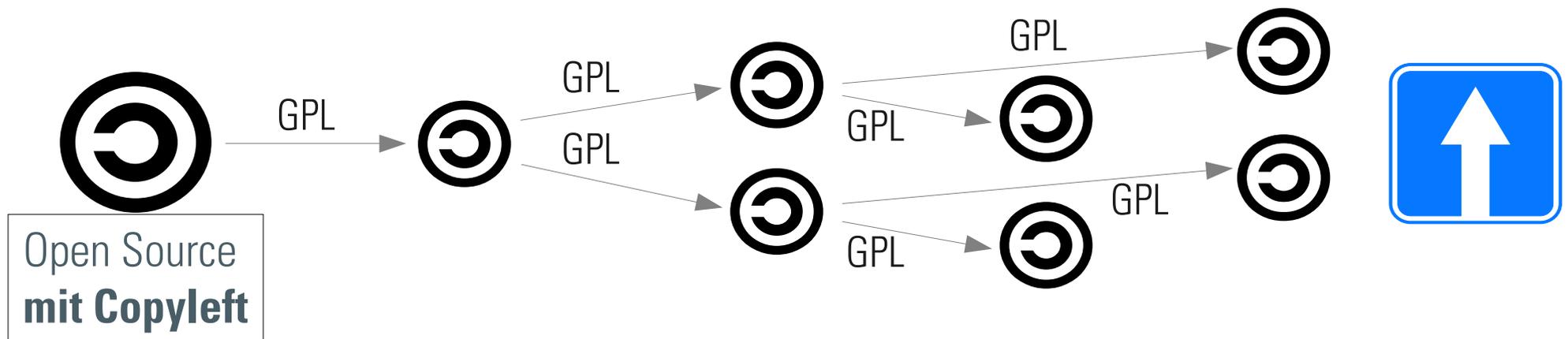
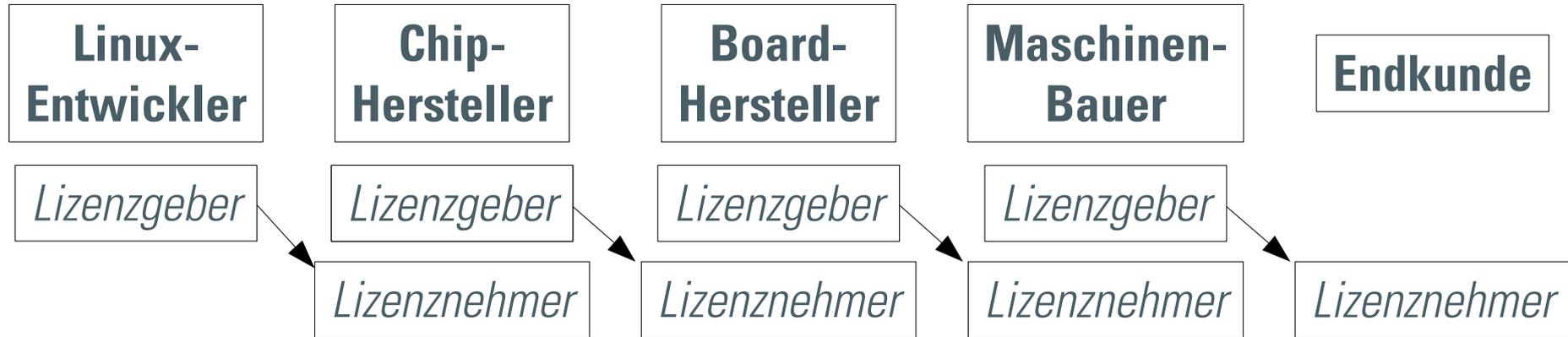
GPL



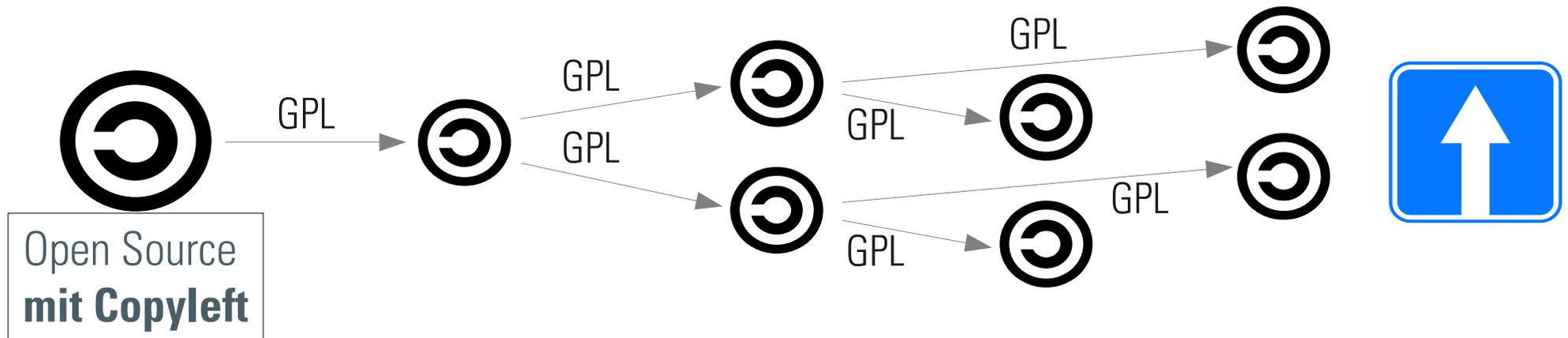
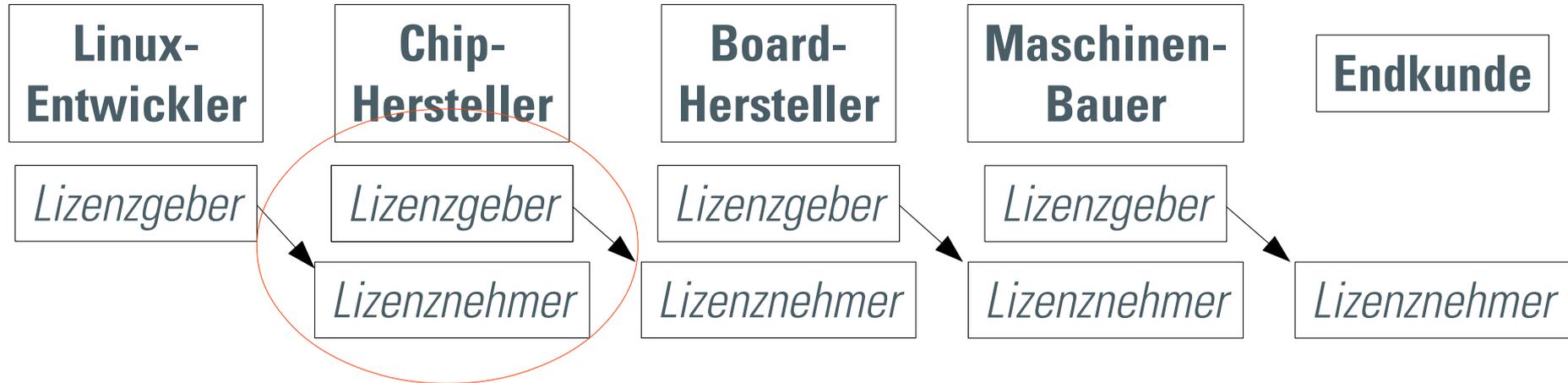
GPL



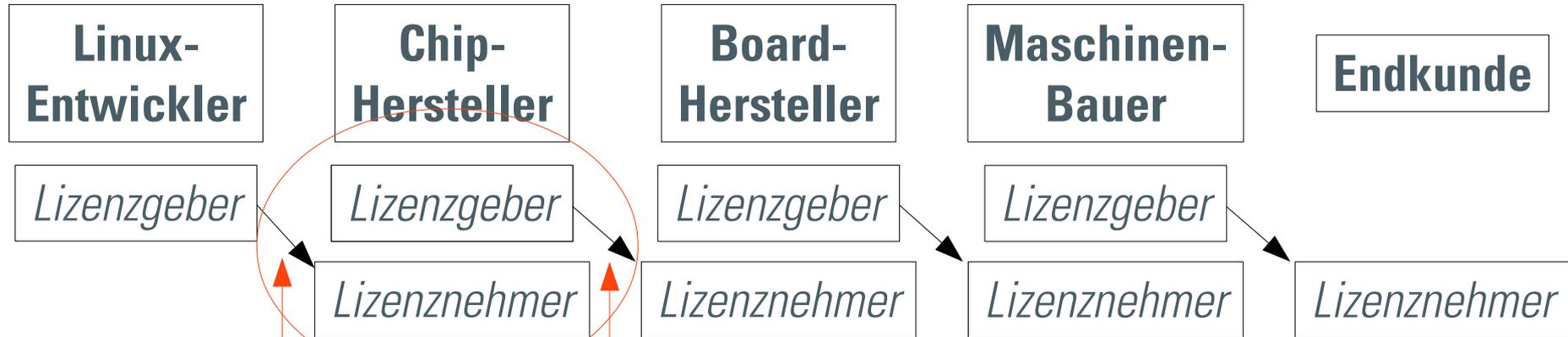
Was ist „Copyleft“? (Zwei-Phasen-Lizenz)



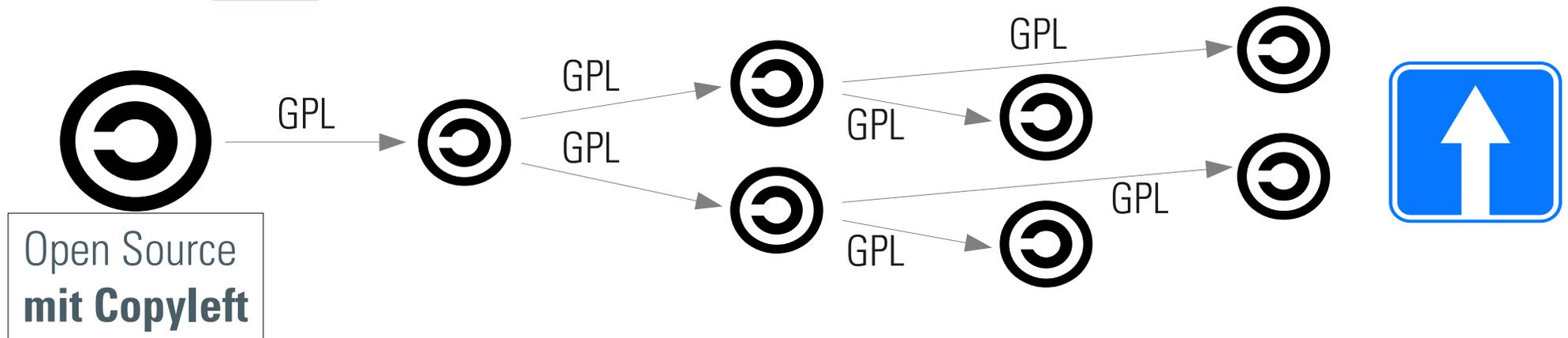
Was ist „Copyleft“? (Zwei-Phasen-Lizenz)



Was ist „Copyleft“? (Zwei-Phasen-Lizenz)



Wenn diese Lizenzierung nicht korrekt ist, wird diese Lizenz ungültig!



... weil Linux unter einer speziellen freien Lizenz weitergegeben werden kann?

Ja!

Das Copyleft der GPLv2 gibt allen Entwicklern, die zu Linux beitragen, eine hohe Sicherheit, dass niemand anders die Entwicklungen in proprietären Produkten verwenden kann. Daher bestehen in der Regel keine Vorbehalte, die Lizenzpflichten zu erfüllen und Verbesserungen und Erweiterungen am Linuxkernel offenzulegen.

Die Folgen sind offensichtlich ...

Linus Torvalds, 1997:

"Making Linux GPL'd was definitely the best thing I ever did"

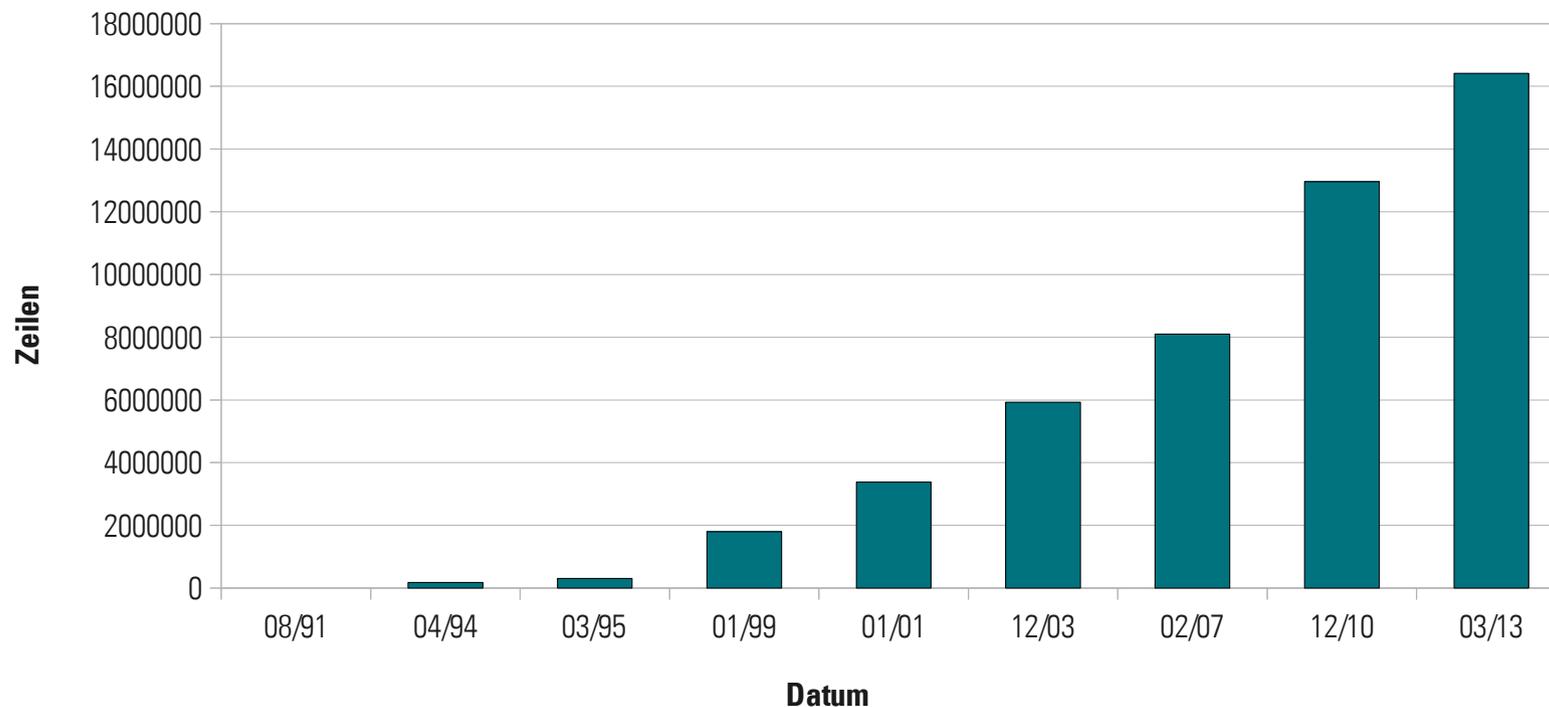
Datum	Linux-Version	Code-Zeilen
August 1991		<i>Beginn der Entwicklung</i>
März 1994	1.0	176.250
März 1995	1.2	310.950
Januar 1999	2.2	1.800.847
Januar 2001	2.4	3.377.902
Dezember 2003	2.6	5.929.913
Februar 2007	2.6.20	8.102.486
Dezember 2010	2.6.33.7.2-rt30	12.959.110
März 2013	3.8	16.416.874

Die Folgen sind offensichtlich ...

Linus Torvalds, 1997:

"Making Linux GPL'd was definitely the best thing I ever did"

Linux Kernel

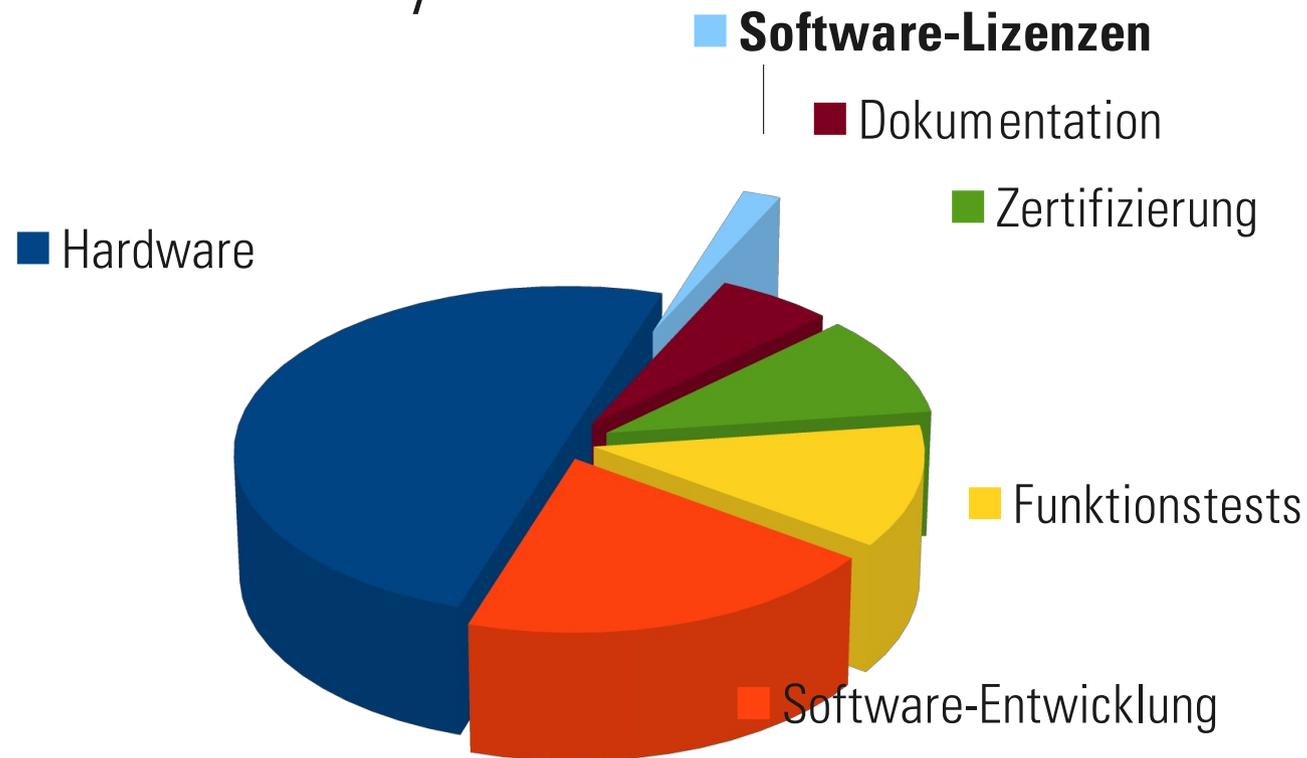


Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- **... weil Linux kostenlos ist?**
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux kostenlos ist?

Beispielhafte Zusammensetzung der Kosten für ein industrielles Embedded-System



... weil Linux kostenlos ist?

Nein.

Lizenzkosten spielen bei industriellen Embedded-Systemen wohl eher eine untergeordnete Rolle für die Attraktivität von Linux. Dies gilt allerdings in erster Linie für Geräte mit einem hohen Anschaffungspreis. Bei Geräten mit einem Anschaffungspreis von unter z.B. 500 Euro und für private Endanwender kann es durchaus ein Argument für Linux sein, dass keine Lizenzkosten erhoben werden.

... weil Linux kostenlos ist?

Aber:

Bei proprietären Lizenzen muss auch der Aufwand für das Lizenzmanagement berücksichtigt werden. Hinzu kommen weitgehende Rechte wie z.B. unangemeldete Inspektion der Produktionsstätten, welche von den Lizenznehmern eingefordert werden. Dies kann als Nachteil von proprietären Lizenzen gewertet werden, und es macht Linux attraktiv, weil es dies alles nicht gibt.

Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- **... weil Linux so wenige Fehler aufweist?**
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

Einerseits: Linux-Code ist die „benchmark of quality“:

Year	Version(s)	Lines of Code Analyzed	New Defects Identified	Defects Fixed
2006	2.6.16	3,451,730	1,264	435
2007	2.6.16	3,458,369	425	217
2008	2.6.27	4,202,209	596	365
2009	2.6.32	4,862,567	527	417
2010	2.6.33, 2.6.34 2.6.35	5,504,780	3,858	462
2011	2.6.38, 2.6.39, 3.0, 3.1	6,849,378	2,331	1,283
2012	3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7	7,387,908	5,803	5,170

PCWorld

Report von 9. Mai 2013

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

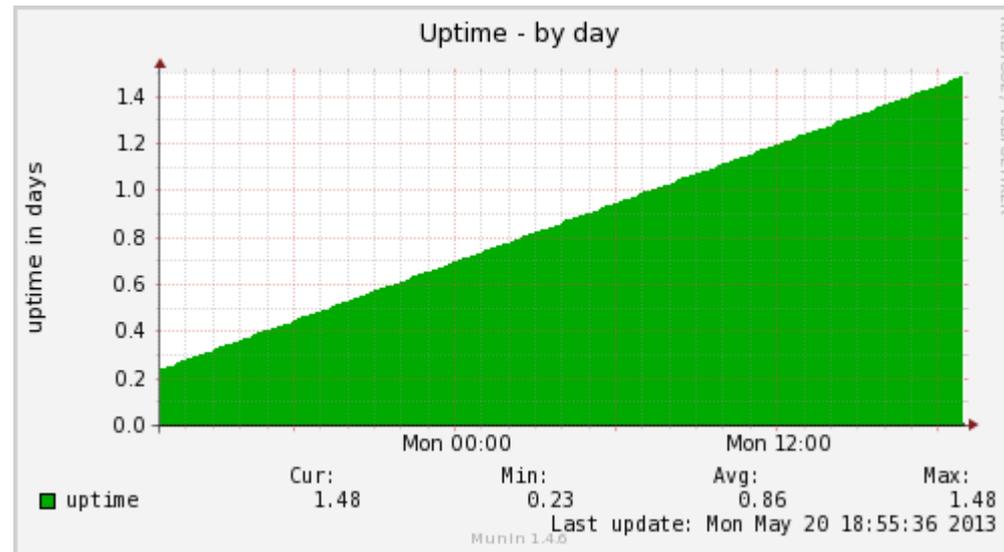
Andererseits:

Das Prinzip von Public-Review („Crowd-Intelligence“?) führt dazu, dass speziell diejenigen Code-Anteile, die viel genutzt werden, hohe Qualität aufweisen. Weniger häufig genutzte Komponenten des Linuxkernels – wie z.B. die in der Industrie genutzten Treiber und Funktionen – können durchaus minderwertiger Qualität sein.

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

Messung der Laufzeit eines Systems bis zum nächsten Bootvorgang:

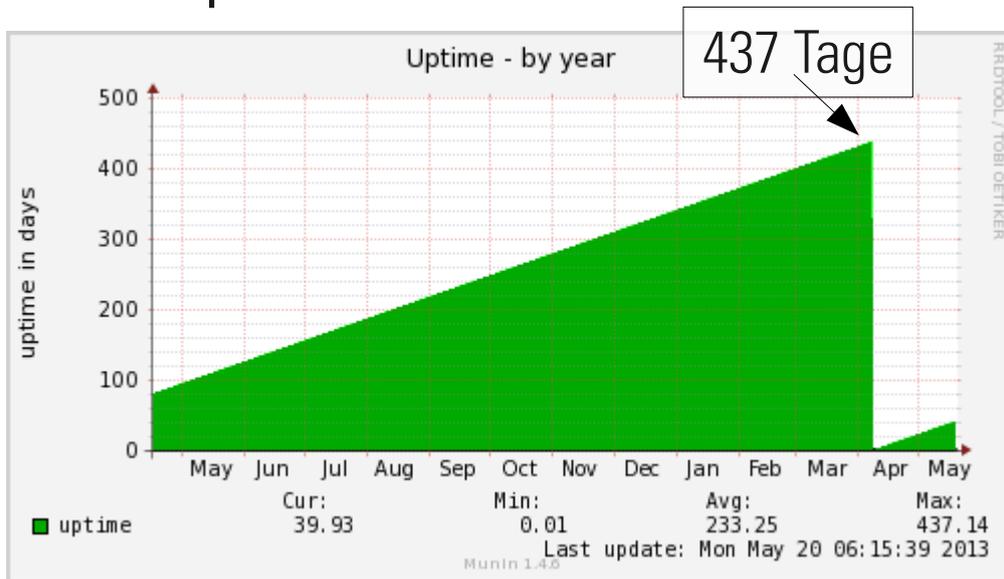
1,25
Stunden



30 Stunden

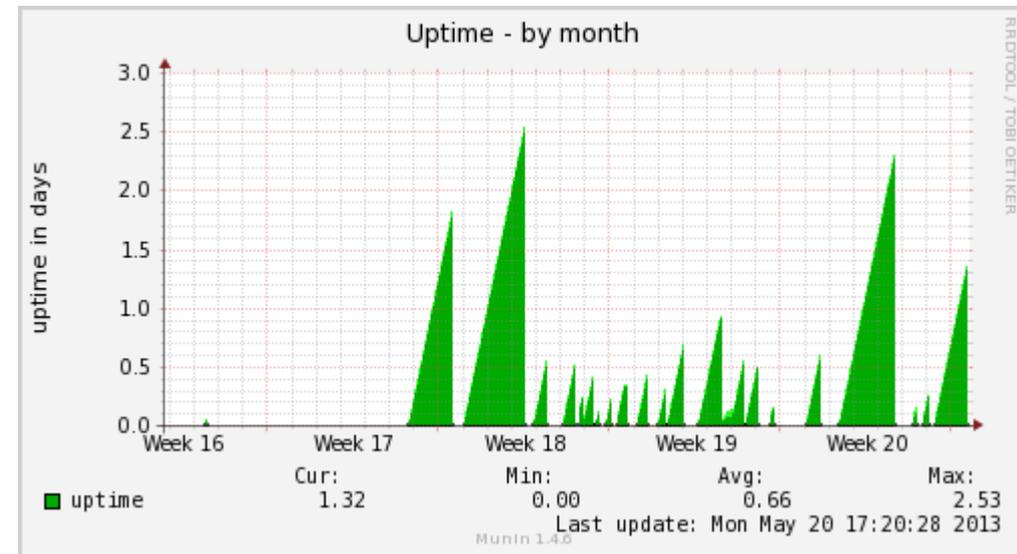
... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

Beispiele:



13 Monate

Etablierter Single-Core ARM-Prozessor,
Texas Instruments AM3517 @500 MHz
Stromausfall Anfang April 2013



5 Wochen

Dual-Core ARM-Prozessor,
Texas Instruments Pandaboard @1000 MHz
Lifelock-Linux-Bug (nur SMP und RT)

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

Nein.

Linux insgesamt gehört sicher zu den stabilsten Plattformen, die es gibt, und im Verhältnis zur Größe der Code-Basis gibt es nicht viele Fehler. Aber Linux ist nicht fehlerfrei, und speziell im Zusammenhang mit industriellen Embedded-Systemen ist ein erheblicher Aufwand erforderlich, um Fehler zu lokalisieren und zu beheben. Dies wird mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft so bleiben.

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?

Aber 1:

Ein Open-Source-System hat unschätzbare Vorteile bei der Suche nach Fehlern und deren Behebung:

- Der Kunde kann aktiv in die Analyse einbezogen werden (z.B. durch Einsetzen von Debug-Ausgaben in den Code)
- Peer-Review von Bugreports in der LKML
- „Google ist Dein Freund.“

... weil Linux so wenige Fehler aufweist?



Aber 2:

Es gibt OSADL, eine Gemeinschaft von Industrie-Unternehmen, die auf Open Source setzen. Software-Entwicklung, Fehlerbeseitigung und Qualitätssicherung werden aus der Gemeinschaftskasse bezahlt.

OSADL
Open Source Automation Development Lab eG

2012 International Year of Cooperatives

Gold Members

- HOMAG
- TRUMPF

Silver Members

- AMD
- HEIDELBERG
- intel
- Roche Diagnostics Ltd.

Bronze Members

- ABB
- 天智科技
- APARCA
- BELIMO
- BIZERBA
- Power & Automation
- CODESYS
- ELTEC
- ETAS
- POWERLINK
- FESTO
- HASTING
- HIRSCHMANN
- INIMS
- interflex
- INTEG
- JOHN DEERE
- KEBA
- komax
- kontron
- KUKA
- kw software
- linu tronix
- Miele
- Open Tech
- Pengutronix
- PHENIX CONTACT
- PHYTEC
- protonic holland industrial electronics
- QIAGEN
- SAUTER
- SERCOS the automation bus
- SYSGO OVERSEAS INDUSTRIES
- TEXAS INSTRUMENTS
- WAGO
- WIND RIVER

LINUX TAG 22.-25. Mai 2013 in Berlin
EUROPE'S LEADING OPEN SOURCE EVENT
CONFERENCE | EXHIBITION | PROFESSIONAL DEVELOPMENT

Warum ist Linux für Embedded-Systeme so attraktiv?
LinuxTag 22. Mai 2013



Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- **... weil Linux so weitgehend skaliert?**
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux so weitgehend skaliert?

Systeme im Test lauffähig unter Linux (Kernel **2.6.33** bis **3.8**):

- CPU-Designjahr: von **1995** bis **2013**
- Taktfrequenz: von **133** MHz bis **3,467** GHz
- RAM: von **26** MByte bis **65,756** GByte
- Anzahl Cores: **1** bis **32**

... weil Linux so weitgehend skaliert?

Aber es geht noch mehr, Beispiel 1:

```
Date      Wed, 17 Apr 2013 12:58:29 -0700
From      tip-bot for Nathan Zimmer <>
Subject   [tip:timers/core] timer_list: Convert timer list to be a proper seq_file
```

```
Commit-ID: b3956a896ea57f25cacd74708b8fab611543a81d
Gitweb:    http://git.kernel.org/tip/b3956a896ea57f25cacd74708b8fab611543a81d
Author:    Nathan Zimmer <nzimmer@sgi.com>
AuthorDate: Tue, 26 Mar 2013 19:56:30 -0500
Committer: Thomas Gleixner <tglx@linutronix.de>
CommitDate: Wed, 17 Apr 2013 20:51:02 +0200
```

When running with 4096 cores

```
timer_list: Convert timer list to be a proper seq_file
```

When running with 4096 cores attempting to read /proc/timer_list will fail with an ENOMEM condition. On a sufficiently large systems the total amount of data is more than 4mb, so it won't fit into a single buffer. The failure can also occur on smaller systems when memory fragmentation is high as reported by Dave Jones.

Convert /proc/timer_list to a proper seq_file with its own iterator. This is a little more complex given that we have to make two passes with two separate headers.

sysrq_timer_list_show also needed to be updated to reflect the fact that now timer_list_show only does one cpu at a time.

```
Signed-off-by: Nathan Zimmer <nzimmer@sgi.com>
Reported-by: Dave Jones <davej@redhat.com>
Cc: John Stultz <johnstul@us.ibm.com>
Cc: Stephen Boyd <sboyd@codeaurora.org>
Link: http://lkml.kernel.org/r/1364345790-14577-3-git-send-email-nzimmer@sgi.com
Signed-off-by: Thomas Gleixner <tglx@linutronix.de>
```

... weil Linux so weitgehend skaliert?

Und es geht noch mehr, Beispiel 2:

```
Date      Sun, 12 Aug 2012 10:36:01 -0400
Subject   Re: Upgraded from 3.4 to 3.5.1 kernel: machine does not boot
From      Justin Piszcz <>

On Sun, Aug 12, 2012 at 10:13 AM, Paul Gortmaker
<paul.gortmaker@windriver.com> wrote:
> On Sun, Aug 12, 2012 at 9:51 AM, Justin Piszcz <jpiszcz@lucidpixels.com> wrote:
>> On Sun, Aug 12, 2012 at 9:10 AM, Eric Sandeen <sandeen@sandeen.net> wrote:
>>> On 8/10/12 11:14 PM, Justin Piszcz wrote:
>>>> On Fri, Aug 10, 2012 at 7:07 PM, Justin Piszcz
>>>>>
>>>>> Hi,
>>>>>
>>>>> Found the root cause, the 3.5.1 kernel cannot mount my ext4 filesystem
>>>>> (60TB).
>>>>
>>>> You are a brave man running ext4 at 60T, but thank you for testing :)
>>>>
>>>> Backing out 8aeb00ff85ad25453765dd339b408c0087db1527 from 3.5.1
>>>> (952fc18ef9ec707ebdc16c0786ec360295e5ff15 upstream) probably helps?
>>>>
>>>> From a quick look, I think that essentially has a :
>>>>
>>>> for (i = 0; i < ngroups; i++) {
>>>>     for (j = 0; j < ngroups; j++) {
>>>>     }
>>>> }
```

(60TB).

... weil Linux so weitgehend skaliert?

Ja!

Die Tatsache, dass Linux in einer so großen Leistungs-Bandbreite von Systemen eingesetzt wird, hat viele Vorteile:

- Gleiches Betriebssystem trotz Modellvielfalt
- Wiederverwendbare Software bei Wechsel der Plattform (dadurch Investitionsschutz)
- Vermeidung von Konstanten bei der Programmierung

Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- **... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?**
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?

Welche Architekturen unterstützt Linux?

<code>arch/alpha</code>	<code>arch/frv</code>	<code>arch/mips</code>	<code>arch/sparc</code>
<code>arch/arc</code>	<code>arch/h8300</code>	<code>arch/mn10300</code>	<code>arch/tile</code>
<code>arch/arm</code>	<code>arch/hexagon</code>	<code>arch/openrisc</code>	<code>arch/um</code>
<code>arch/arm64</code>	<code>arch/ia64</code>	<code>arch/parisc</code>	<code>arch/unicore32</code>
<code>arch/avr32</code>	<code>arch/m32r</code>	<code>arch/powerpc</code>	<code>arch/x86</code>
<code>arch/blackfin</code>	<code>arch/m68k</code>	<code>arch/s390</code>	<code>arch/x86_64</code>
<code>arch/c6x</code>	<code>arch/metag</code>	<code>arch/score</code>	<code>arch/xtensa</code>
<code>arch/cris</code>	<code>arch/microblaze</code>	<code>arch/sh</code>	

31

... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?

Welche Architekturen sind für die Industrie interessant?

arch/alpha	arch/frv	arch/mips	arch/sparc
arch/arc	arch/h8300	arch/mn10300	arch/tile
arch/arm	arch/hexagon	arch/openrisc	arch/um
arch/arm64	arch/ia64	arch/parisc	arch/unicore32
arch/avr32	arch/m32r	arch/powerpc	arch/x86
arch/blackfin	arch/m68k	arch/s390	arch/x86_64
arch/c6x	arch/metag	arch/score	arch/xtensa
arch/cris	arch/microblaze	arch/sh	

31

7

... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?

Ja!

Die Tatsache, dass Linux so viele Architekturen unterstützt, hat viele Vorteile:

- Gleiches Betriebssystem trotz Modellvielfalt
- Wiederverwendbare Software bei Wechsel der Plattform (dadurch Investitionsschutz)
- Hohe Code-Qualität, weil verschiedene Architekturen unterschiedliche Voraussetzungen haben

Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- **... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?**
- ... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?



UNIVERSITÄT HEIDELBERG | ZUKUNFT SEIT 1386

[A – Z](#) | [Suche](#) | [Kontakt](#)

[URZ-Startseite](#) > [Programme](#) >

Microsoft Landesvertrag Baden-Württemberg

Die Universität Heidelberg ist dem landesweiten Microsoft Campus Agreement (und damit dem Bundesvertrag) beigetreten und hat somit für ihre Einrichtungen die **Professional Desktop Plattform Suite** auf Mietbasis lizenziert. Dabei handelt es sich um eine Volumenlizenz.

Hier finden Sie die aktuellen Informationen dazu. (Stand: 08.03.2013)

Laufzeit

Die Basislizenz (Core-Suite) läuft vom 01.07.2012 bis 30.04.2017.

(Das Enddatum ist mit dem Bundesvertrag gekoppelt. Daher wird das erste Jahr auch bereits am 30.04.2013 enden. Die übrigen Jahre laufen jeweils ein ganzes Jahr.)

Inhalt

Die Professional Desktop Plattform Suite umfasst die folgenden Produkte:

- Windows Enterprise Upgrade (**qualifizierende Basislizenz** vorausgesetzt)
- Office Professional Plus (Windows- und Mac-Version)
- Die Core CAL Suite (CAL = Client Access License) zur Nutzung von Windows-Servern.



22.-25. Mai 2013 in Berlin
**EUROPE'S LEADING
OPEN SOURCE EVENT**
CONFERENCE | EXHIBITION | PROFESSIONAL DEVELOPMENT

Warum ist Linux für Embedded-
Systeme so attraktiv?
LinuxTag 22. Mai 2013



... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?

Nein.

- Linux ist nicht das Standardbetriebssystem in deutschen Universitäten und Hochschulen – warum nicht?
- Der Linuxkernel wird selbst im Informatikstudium nur sehr selten behandelt – warum nicht?
- Übrigens: Auch andere freie Software wird nicht in dem Maße verwendet, wie es möglich wäre – warum nicht?

Ist Linux attraktiv, ...

- ... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann?
- ... weil Linux kostenlos ist?
- ... weil Linux so wenige Fehler aufweist?
- ... weil Linux so weitgehend skaliert?
- ... weil Linux so viele Architekturen unterstützt?
- ... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist?
- **... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?**

... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

In der Regel sind sogar 10 bis 15 Jahre alte Computer-Systeme problemlos unter aktuellem Linux lauffähig, Beispiel:

```
# cat /proc/cpuinfo
Processor       : 0
vendor_id      : GenuineIntel
cpu_family     : 5
model          : 2
model name     : Pentium 75 - 200
Stepping       : 12
cpu MHz        : 132.633
cache size     : 0 KB
fdiv_bug      : no
hlt_bug       : no
f00f_bug      : yes
coma_bug      : no
fpu           : yes
fpu_exception : yes
cpu_id level   : 1
wp            : yes
flags         : fpu vme de pse tsc msr mce cx8
Bogomips      : 265.26
clflush size  : 32
cache_alignment: 32
address sizes  : 32 bits physical, 32 bits virtual
```



Board: Eltec, Eurocom 138
CPU: Pentium 133 MHz
Bus: VMEbus
Distro: Debian
Kernel: 3.6.10-rt22)

... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

Weil der Quellcode vorliegt, ist im Prinzip auch keine „kalte Abkündigung“ möglich. Es kann also auch nachträglich ein älteres System mit aktuellen Features ausgerüstet werden.

... weil Linux nicht abgekündigt werden kann?

Ja!

Die Tatsache, dass Linux nicht abgekündigt werden kann, ist vermutlich der wichtigste Grund für die hohe Attraktivität von Linux für Embedded-Systeme.

Der Hersteller behält uneingeschränkte Kontrolle über sein System. Die Linux-Lizenz sichert ihm besitzähnliche Rechte an der Software, wenn er die Lizenzpflichten bei deren Weitergabe korrekt erfüllt.

Linux ist also für Embedded-Systeme so attraktiv, ...

- **... weil Linux unter einer speziellen freien (Open Source) Lizenz weitergegeben werden kann.**
- ~~... weil Linux kostenlos ist.~~
- ~~... weil Linux so wenige Fehler aufweist.~~
- **... weil Linux so weitgehend skaliert.**
- **... weil Linux so viele Architekturen unterstützt.**
- ~~... weil Linux bei Studienabgängern so gut bekannt ist.~~
- **... weil Linux nicht abgekündigt werden kann.**

Linux ist also attraktiv für jeden und alles

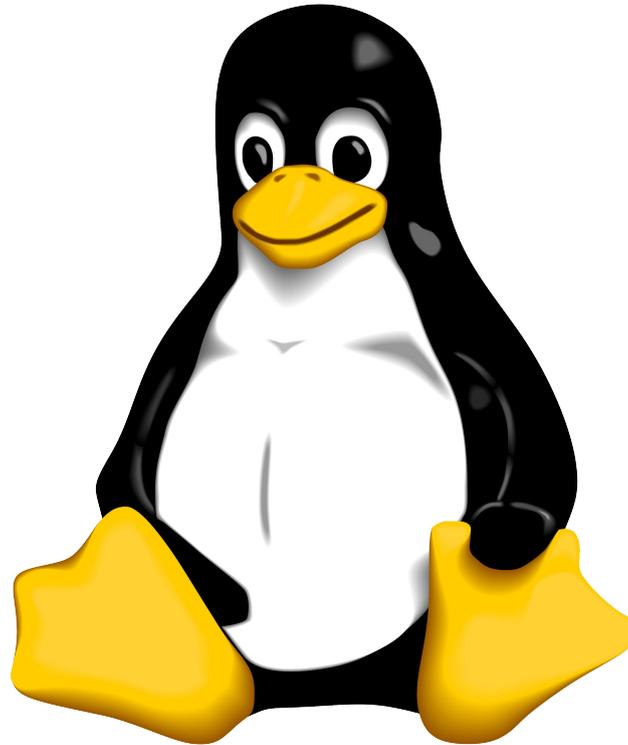
Muss man nun befürchten, dass mit Linux ein neues Software-Monopol entsteht mit einer neuen Schreckensherrschaft?

Nein.

Freie bzw. Open Source Software kann – durch Definition – niemals ein Monopol bilden. (Genauso wie Dreisatz, Pythagoras oder das Periodensystem der Elemente kein wirtschaftliches Monopol sind.)

Zusammenfassung

Linux.



Ein weiteres Betriebssystem braucht man nicht.