technische universität
dortmund

Betriebssysteme (BS)

Systemsicherheit

http://ess.cs.tu-dortmund.de/DE/Teaching/SS2017/BS/

Olaf Spinczyk

olaf.spinczyk@tu-dortmund.de
http://ess.cs.tu-dortmund.de/~os

AG Eingebettete Systemsoftware
Informatik 12, TU Dortmund

Inhalt

- Überblick über Sicherheitsprobleme
- Rechteverwaltung
- Systemsoftware und Sicherheit
- Softwarefehler
- Fallbeispiele
- Zusammenfassung

Inhalt

- **Überblick über Sicherheitsprobleme**
- Rechteverwaltung
- Systemsoftware und Sicherheit
- Softwarefehler
- Fallbeispiele
- Zusammenfassung

Sicherheitsprobleme

- **Begriffsdefinition „Sicherheit“**
  - ***Safety***
    - Schutz vor Risiken durch (Software-)Fehler, Störungen oder Ausfällen
  - ***Security***
    - Schutz von Menschen und Rechnern vor intendierten Fehlern (Angriffen)
- Beide Themenbereiche sind für Systemsoftware relevant
  - Im Folgenden geht es um Sicherheit im Sinne von *Security*
- Ausnutzung von Sicherheitslücken
  - Schadsoftware („*Malware*“)
  - *Social Engineering*

Sicherheit in Betriebssystemen

Jemanden ...

- Unterscheidung von Personen und Gruppen von Personen

davon abhalten ...

- durch technische und organisatorische Maßnahmen

einige ...

- Begrenzung durch unser Vorstellungsvermögen

unerwünschte Dinge zu tun.

- 1) nicht autorisiert Daten lesen (**Geheimhaltung**, **Vertraulichkeit**),
- 2) nicht autorisiert Daten schreiben (**Integrität**),
- 3) unter "falscher Flagge" arbeiten (**Authentizität**),
- 4) nicht autorisiert Ressourcen verbrauchen (**Verfügbarkeit**),
- usw.

- Unterscheidung zwischen Angriffen von
  - innen
  - außen

Beispiel: Login-Attrappe

- Angreifer startet ein Benutzerprogramm, das am Bildschirm einen Login-Screen simuliert.
- Der ahnungslose Benutzer tippt Benutzername und sein privates Passwort.
  - Angreiferprogramm speichert Benutzername und Passwort in Datei.
  - Angreiferprogramm terminiert aktuelles Shell-Programm

  → Login-Sitzung des Angreifers wird beendet und regulärer Login-Screen wird angezeigt
- Abhilfe: Login-Sequenz durch Tastensequenz starten, die von Benutzerprogramm nicht abgefangen werden kann
  - z.B. CTRL-ALT-DEL bei Windows NT und folgende.

Beispiel: Virus

- Programm, dessen Code an ein anderes Programm angefügt ist und sich auf diese Weise reproduziert
  - Virus schläft, bis infiziertes Programm ausgeführt wird
  - Start des infizierten Programms führt zur Virusreproduktion
  - Ausführung der Virusfunktion ist u.U. zeitgesteuert
- Virusarten
  - Bootsektor-Virus: beim Systemstart
  - Makro-Virus: in skriptbaren Programmen wie Word, Excel
    - Durch Dokumente verbreitet!
  - Ausführbares Programm als Virus
- Verbreitung durch
  - Austausch von Datenträgern
  - Mail-Attachments
  - Webseiten

Beispiel: *Social Engineering*

- ***Kein*** Problem der Systemsoftware
  - … aber immens wichtig
- Zugang zu Informationen durch Ausnutzung menschlicher Fehler
- ***Phishing***
  - über gefälschte WWW-Adressen an Daten eines Internet-Benutzers gelangen
  - z.B. durch gefälschte Emails von Banken, staatl. Institutionen
- ***Pharming***
  - Manipulation der DNS-Anfragen von Webbrowsern
  - Umleitung von Zugriffen, z.B. auf gefälschte Bank-Webseiten
  - Verdächtige Zertifikate werden meist ignoriert

Arten von „Schädlingen“ (1)

- **Viren**
  - Durch Anwender unabsichtlich verbreitete Programme
  - schleusen sich in andere Programme ein
  - reproduzieren sich damit
- **Würmer**
  - warten nicht, von Anwender auf neues System verbreitet zu werden
  - versuchen, aktiv in neue Systeme einzudringen
  - Ausnutzung von Sicherheitslücken auf Zielsystemen
- **Trojanische Pferde** („Trojaner“)
  - Programm, das als nützliche Anwendung getarnt ist
  - Zudem wird ohne Wissen des Anwenders andere Funktion erfüllt, z.B. Netzwerkzugang für den Angreifer

Arten von „Schädlingen“ (2)

- ***Rootkit***
  - Sammlung von Softwarewerkzeugen, um ...
    - zukünftige Logins des Eindringlings verbergen
    - Prozesse und Dateien zu verstecken
  - wird nach Einbruch in ein Computersystem auf dem kompromittierten System installiert
  - Versteckt sich selbst und seine Aktivitäten vor dem Benutzer
    - z.B. durch Manipulation der Werkzeuge zum Anzeigen von Prozessen (ps), Verzeichnisinhalten (ls), Netzwerkverbindungen (netstat) ...
    - ... oder durch Manipulation von systemweiten shared libraries (libc)
    - ... oder direkt durch Manipulation des Systemkerns

- Oft treten Schädlinge als **Kombination** der vorgestellten Kategorien auf.

Inhalt

- Überblick über Sicherheitsprobleme
- **Rechteverwaltung**
- Systemsoftware und Sicherheit
- Softwarefehler
- Fallbeispiele
- Zusammenfassung

Ziele

- Schutz gespeicherter Information vor
  - Diebstahl
  - unerwünschter Manipulation
  - Verletzung der Vertraulichkeit
- in allen Mehrbenutzersystemen
  - … und jedes am Internet angeschlossene System ist de facto ein Mehrbenutzersystem!

Anforderungen

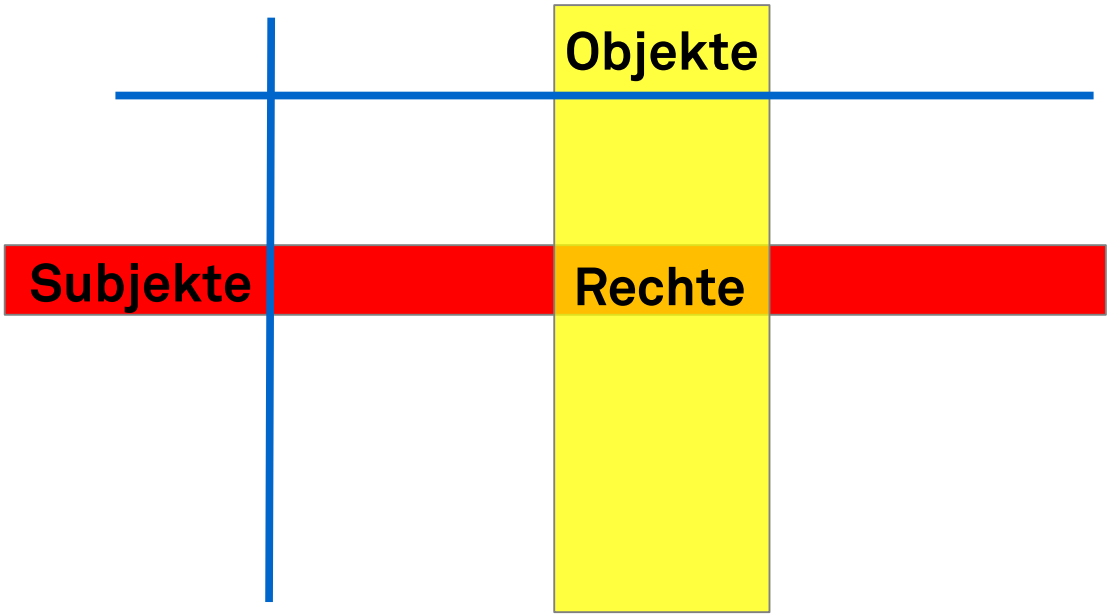
- alle **Objekte** eines Systems müssen eindeutig und fälschungssicher identifiziert werden
- (externer) **Benutzer** eines Systems muss eindeutig und fälschungssicher identifiziert werden
  - ➔ Authentifizierung
- Zugriff auf Objekte sollte nur über zugehörige Objektverwaltung geschehen
- Zugriff auf Objekte nur, wenn Zugreifer nötige **Rechte** hat
- Rechte müssen fälschungssicher gespeichert werden; Weitergabe von Rechten darf nur kontrolliert erfolgen
- grundlegenden Schutzmechanismen sollen ohne großen Aufwand überprüft werden können.

Entwurfsprinzipien

- **Prinzip der geringst-möglichen Privilegisierung** („*principle of least privilege*“)
  - Person oder Software-Komponenten nur die Rechte einräumen, die für die zu erbringende Funktionalität erforderlich sind
  - Verbot als Normalfall
  - Gegenbeispiel: Unix „root“
- **Sichere Standardeinstellungen** („*fail-safe defaults*“)
  - Beispiel: Neu installierte Server-Software
- **Separierung von Privilegien** („*separation of duties*“)
  - mehrfache Bedingungen für die Zulassung einer Operation

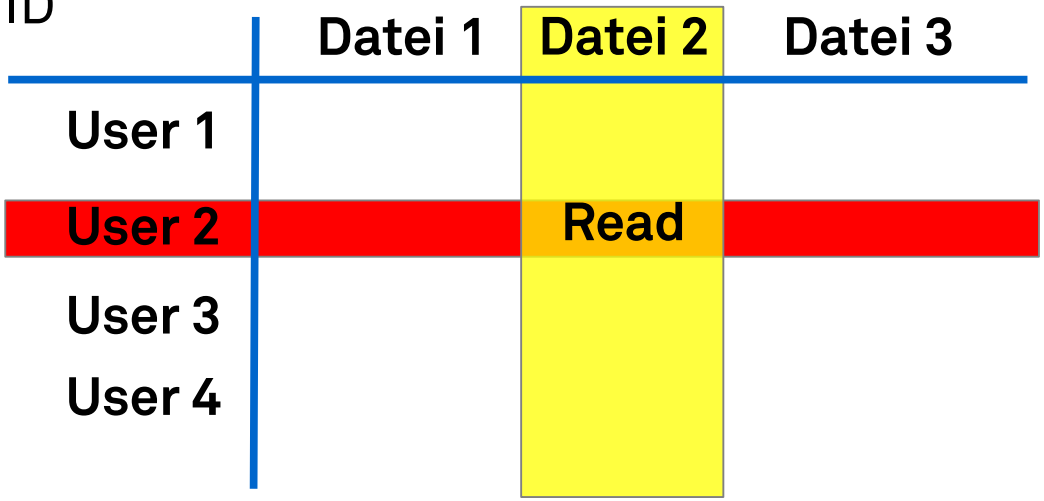
Zugriffsmatrix

- Begriffe:
  - Subjekte (Personen, Prozesse)
  - Objekte (Daten, Geräte, Prozesse, Speicher ...)
  - Operationen (Lesen, Schreiben, Löschen, Ausführen ...)
- Frage: Ist Operation(Subjekt, Objekt) zulässig?



Basismodell: Datei-/Prozessattribute

- Festlegungen in Bezug auf Benutzer:
  - für welchen Benutzer arbeitet ein Prozess?
  - welchem Benutzer gehört eine Datei (owner)?
  - welche Rechte räumt ein Benutzer anderen und sich selbst an „seiner“ Datei ein?
- Rechte eines Prozesses an einer Datei
  - Attribute von Prozessen: User ID
  - Attribute von Dateien: Owner ID

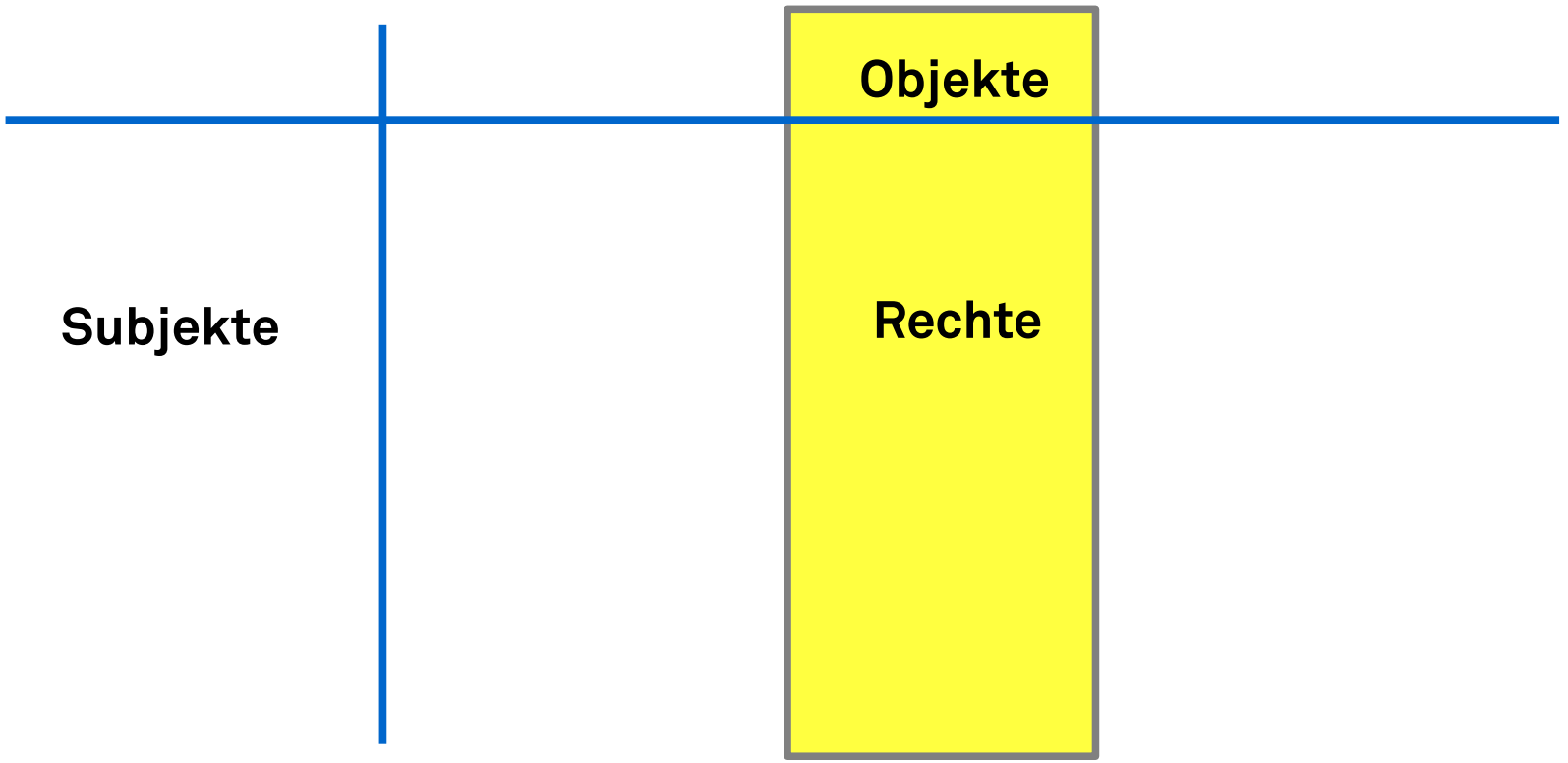


Varianten der Schutzmatrix

- spaltenweise: **ACL – *Access Control List*** (Zugriffssteuerliste)
  - bei jedem Zugriff wird beim Objekt auf der Basis der Identität des Absenders dessen Berechtigung geprüft
- zeilenweise: ***Capabilities*** (Zugriffsberechtigungen)
  - bei jedem Zugriff wird etwas geprüft, was Subjekte besitzen und bei Bedarf weitergeben können
- regelbasiert: ***„mandatory access control“***
  - bei jedem Zugriff werden Regeln ausgewertet

ACLs

- Spaltenweise Darstellung: ***Access Control Lists***
- Festlegung für jedes Objekt, „was welches Subjekt damit tun darf “



ACLs

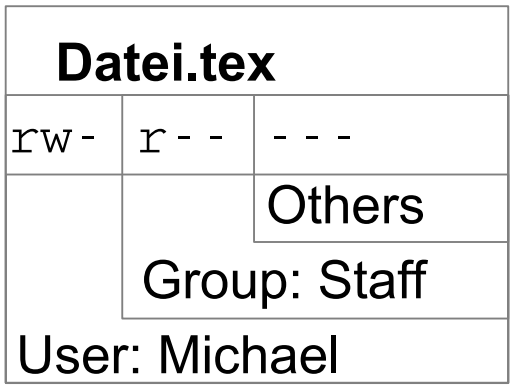
- Setzen der ACLs darf
  - wer einen ACL-Eintrag für dieses Recht hat
  - Erzeuger der Datei
- Beispiel: Multics – Tripel (Nutzer, Gruppe, Rechte)

```
File 0 (Jan, *, RWX)
File 1 (Jan, system, RWX)
File 2 (Jan, *, RW-), (Els, staff, R--), (Maaike, *, RW-)
File 3 (*, student, R--)
File 4 (Jelle, *, ---), (*, student, R--)
```

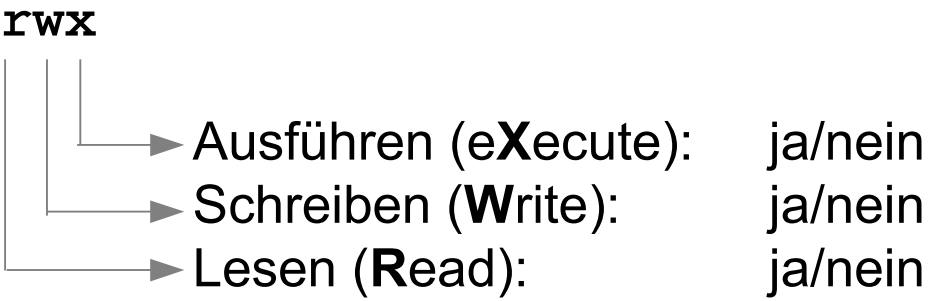
- Windows (ab NT)
  - Objekt: allow, deny
  - full control, modify, read&execute, ...

Unix-Zugriffsrechte

- Unix: rudimentäre Zugriffssteuerlisten
  - Prozess: User ID, Group ID
  - Datei: Owner, Group
  - Rechte in Bezug auf User (Owner), Group, Others
- Neuere Unix-Systeme implementieren auch ACLs
  - siehe get/setfacl (1)
  - Problem: Dateisystem-Integration, Kompatibilität mit Anwendungen



Dateiattribute:



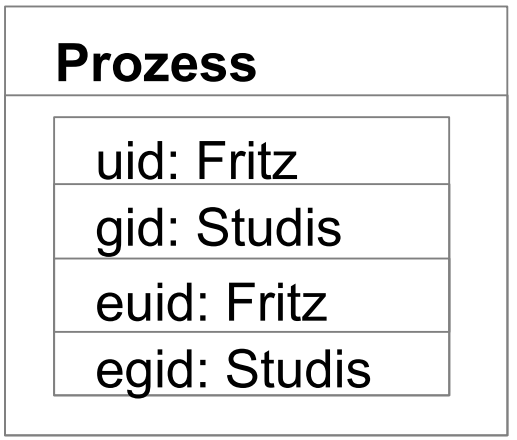
Problem: Rechte-Erweiterung

- Beispiel
  - *Highscore*-Liste: /home/me/spiele/tetris/Highscores
  - Programm: /home/me/bin/spiele/tetris
  - Jeder Spieler soll seinen *Highscore* selbst eintragen können

1. alle haben Schreibrecht
   - → zu viele Rechte (funktioniert nicht)
   - Jeder Benutzer könnte *Highscores* beliebig manipulieren
2. SetUID: nur “me” hat Schreibrecht
   - Tetris-Programm mit „setuid“-Rechten
   - sobald ein Prozess Tetris aufruft, erhält es als User-ID den *Owner* des ausführbaren Programms

Unix: Benutzer und Prozesse

- Jeder Prozess repräsentiert einen Benutzer
- Prozess-Attribute:
  - User ID (**uid**), Group ID (**gid**)
  - Effective-uid (**euid**), Effective-gid (**egid**)
    - Bestimmen beim Zugriff auf Dateien die Rechte eines Prozesses
- Nur wenige hochprivilegierte Prozesse dürfen uid und gid manipulieren
  - z.B. login-Prozess.
- Nach Überprüfung des Passwortes setzt Login-Prozess uid, gid, euid, egid.
  - Alle anderen Prozesse: Kinder des Login-Prozess.
- Kind-Prozesse erben Attribute von Eltern



Unix-Lösung: setuid-Mechanismus

- Datei, die vertrauenswürdigen Programmcode (z.B. Tetris) enthält, besitzt Kennzeichnung als „SetUID“ (`s`-Bit)
  - im Verzeichnislisting „s“ statt „x“ für Executable
  - Es gibt auch (seltener verwendet) ein setgid-Bit.
- `exec` auf SetUID-Programme
  - ausführender Prozess erhält als effektive UID die UID des Owners des Programms
  - genauer: der Datei, die das Programm enthält
  - Prozessausführung erfolgt unter den Rechten dieses Benutzers, solange der Prozess läuft
    - Widerspricht dem Prinzip der geringsten Privilegierung
      - *Workaround*: Speziellen Nutzer für die Applikation einrichten; nicht 'root' verwenden
    - Guter Stil ist es, die erlangten SetUID-Rechte sobald wie möglich wieder abzugeben

Beispiel: Highscore-Liste

Shell

uid: Fritz
gid: Studis
euid: Fritz
egid: Studis

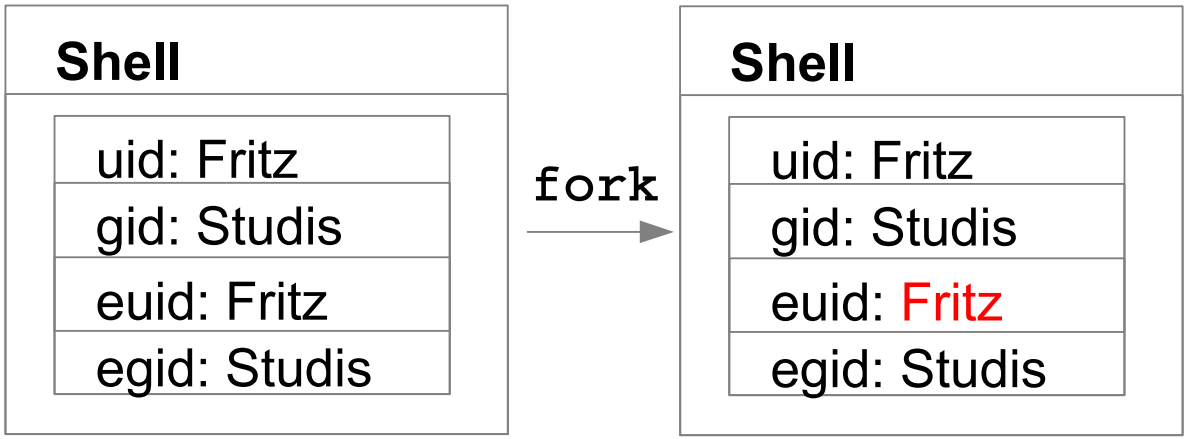
tetris

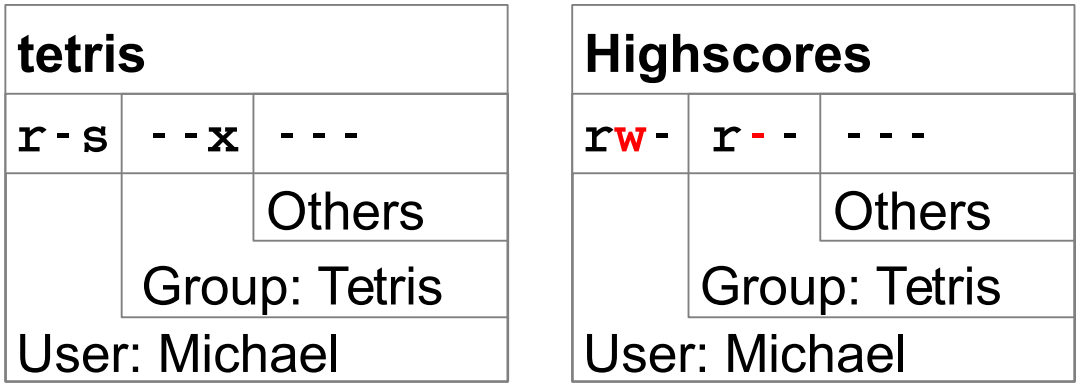
`r-s`	`--x`	`---`
		Others
	Group: Tetris	
User: Michael		

Highscores

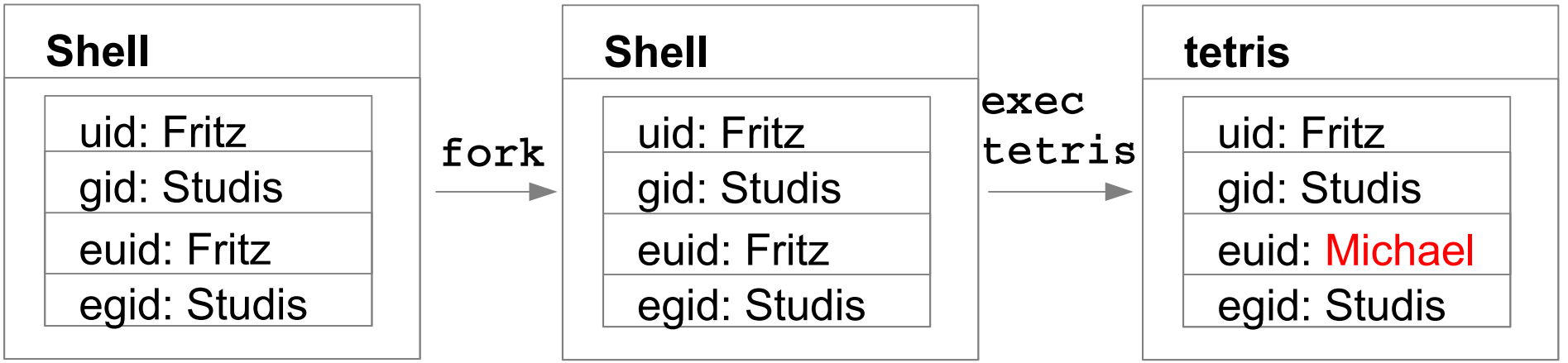
`rw-`	`r--`	`---`
		Others
	Group: Tetris	
User: Michael		

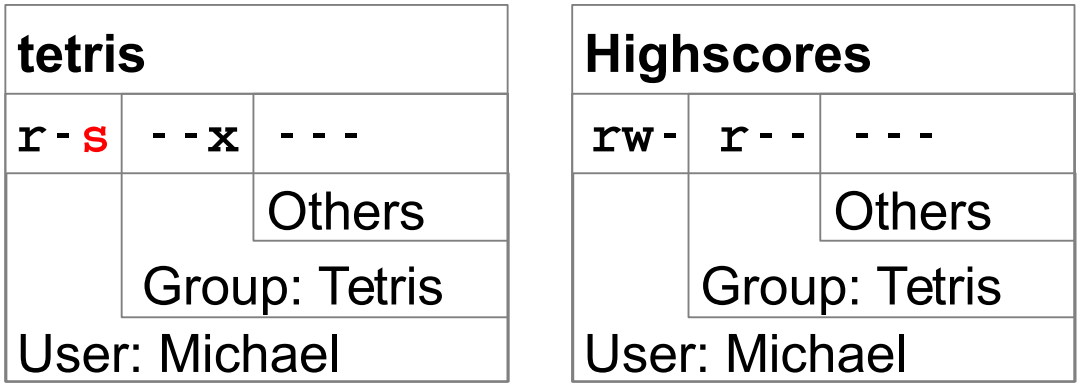
Beispiel: Highscore-Liste





Beispiel: Highscore-Liste



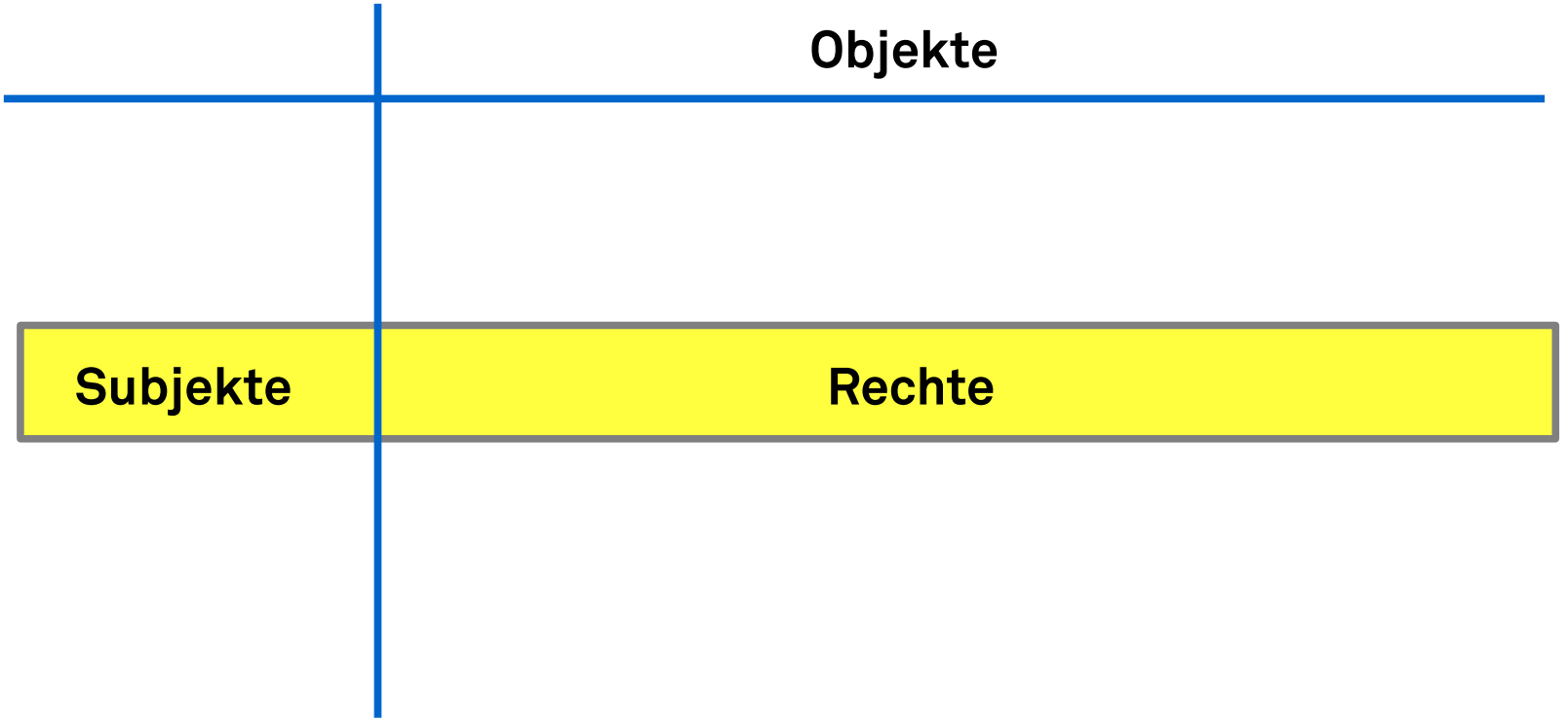


setuid-Probleme

- Erweiterung der Rechte eines Benutzers genau für den Fall der Benutzung dieses Programms
- „Besitzer“ des Programms vertraut dem Benutzer, wenn er dieses Programm nutzt
  - Besitzer kann Administrator, aber auch normaler Benutzer sein
- Problem: **Programmfehler**
  - können zu sehr großen Rechteerweiterungen führen
  - z.B. Shell-Aufruf aus einem solchen Programm heraus
  - Siehe Übung
- Praktische Erfahrung: immer noch zu viele Rechte!

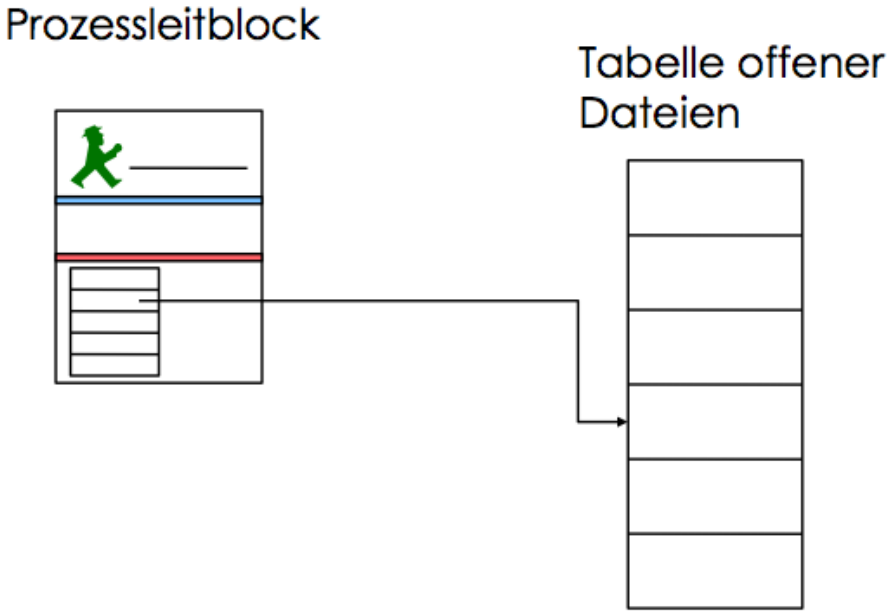
Capabilities

- Zeilenweise Darstellung der Schutzmatrix: *Capability*
- Festlegung für jedes Subjekt, „wie es auf welche Objekte zugreifen darf“



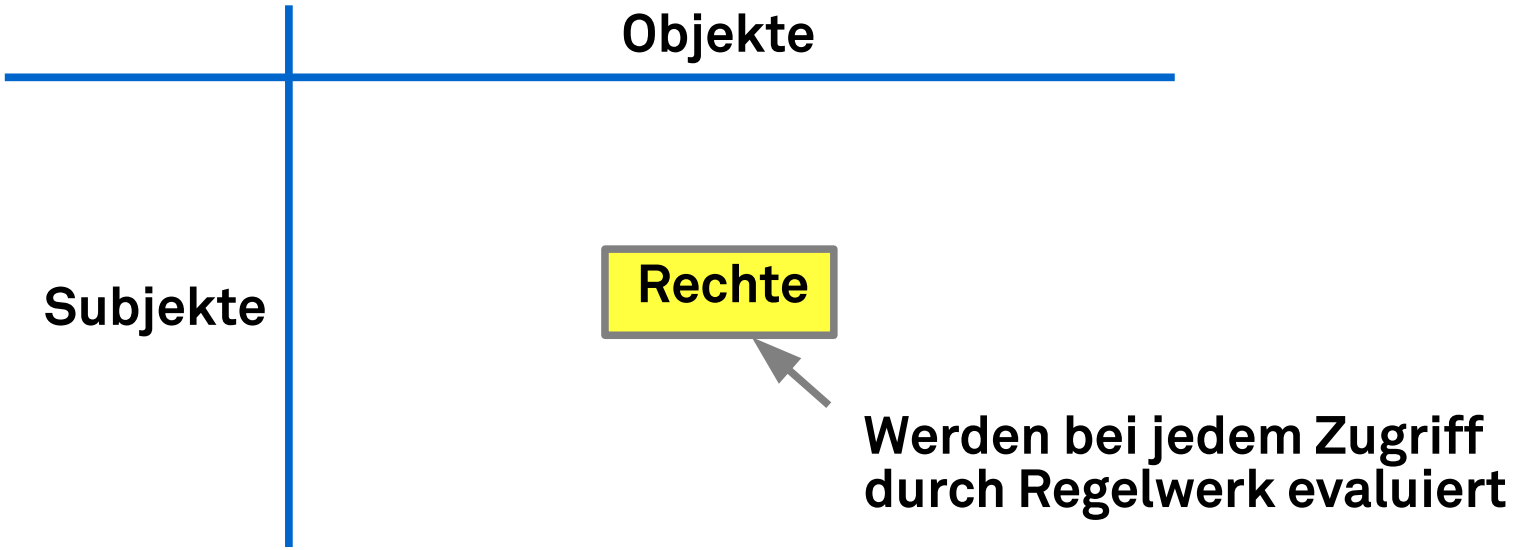
Beispiel

- Rudimentäre Form: Unix-Dateideskriptoren
- Weitergabe durch **fork**-Systemaufruf
  - Ermöglicht Zugriff auf Dateien ohne erneute Prüfung der UNIX-Zugriffsrechte



Schutzmatrix regelbasiert

- ***Mandatory Access Control*** (regelbas. Zugriffssteuerung)
- Konzept:
  - Subjekte und Objekte haben Attribute („labels“)
  - Entscheidung über Zugriff anhand von Regeln
- Implementierung in sog. Sicherheitskernen, z.B. SE Linux



Inhalt

- Überblick über Sicherheitsprobleme
- Rechteverwaltung
- **Systemsoftware und Sicherheit**
- Softwarefehler
- Fallbeispiele
- Zusammenfassung

Systemsoftware und Sicherheit

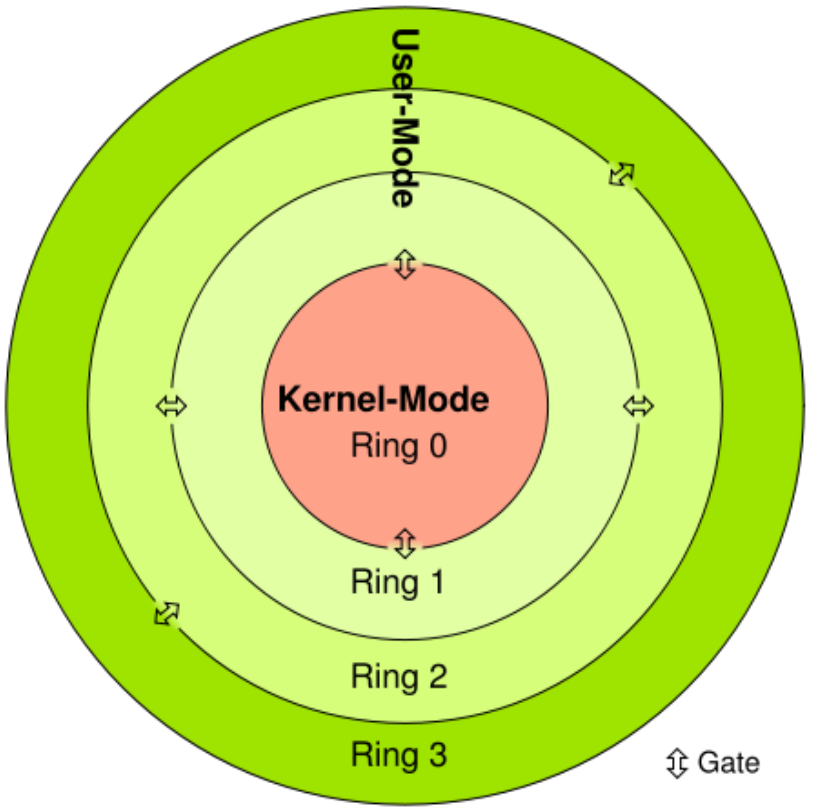
- Schutz auf Hardware-Seite
  - MMU
  - Schutzringe
- ... ergänzt durch Schutz auf Systemsoftware-Seite
  - Alleinige Kontrolle der Hardware durch das Betriebssystem
  - Alleinige Kontrolle über alle Prozesse
  - Alleinige Kontrolle über alle Ressourcen
  - Bereitstellung von
    - Identifikationsmechanismen
    - Authentisierungsmechanismen
    - Privilegseparation
    - Kryptographische Sicherung von Informationen

Hardwarebasierter Schutz: MMU

- ***Memory Management Unit***
  - Hardwarekomponente der CPU, die Zugriff auf Speicherbereiche umsetzt und kontrolliert
  - Umsetzung von Prozess-Sicht (virtuelle Adressen) auf Hardware-Sicht (physikalische Adressen)
- Einteilung des Hauptspeichers in „Seiten“ (pages)
- Schutz durch ...
  - Einblendung nur der genau benötigten Menge an Speicherseiten des Hauptspeichers in den virtuellen Adressraum eines Prozesses
  - Isolation der phys. Adressräume unterschiedlicher Prozesse
  - Schutzbits für jede Seite, die bei jedem Zugriff kontrolliert werden
    - Lesen
    - Schreiben
    - Code ausführen

Schutzringe

- Privilegienkonzept
  - Ausführung von Code ist bestimmtem Schutzring zugeordnet
  - Code in Ring 0 hat Zugriff auf alle Ressourcen des Systems
  - User-Programme laufen in Ring 3
  - Ringe 1 u. 2 für BS-nahen Code
    - z.B. Gerätetreiber
- Ringe schränken ein …
  - den nutzbaren *Befehlssatz* des Prozessors
    - z.B. keine Interruptsperren in Ring > 0
  - den zugreifbaren *Adressbereich* für den Prozess
    - Sperre von I/O-Zugriffen

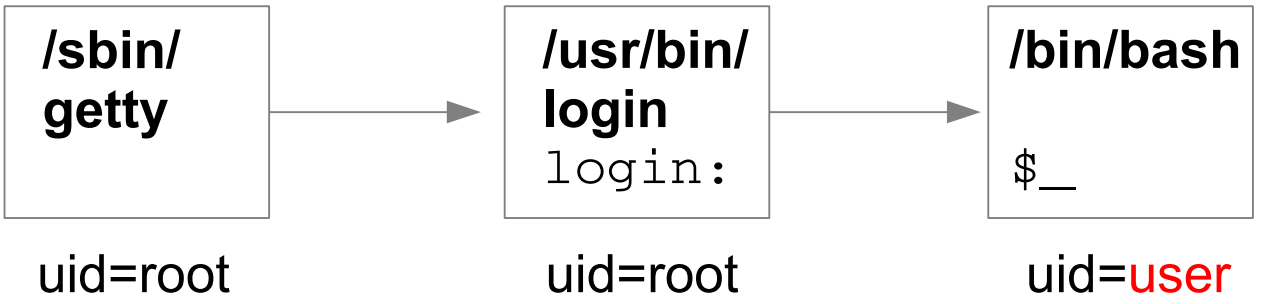


Softwarebasierter Schutz

- Identifikationsmechanismen
- Unix: Benutzeridentifikation, Gruppenidentifikation
  - Numerischer Wert
  - Umgesetzt in Texte (Usernamen, Gruppennamen) durch lookup in /etc/passwd
- Ressourcen haben zugeordnete Besitzer
- Superuser: uid = 0
  - Hat volle Rechte auf das System

Softwarebasierter Schutz

- Authentisierungsmechanismen
  - Unix login
  - Abfrage von Benutzernamen und Passwort
  - Verifikation des Passworts mit im System hinterlegten Passwort
    - Entweder durch Verschlüsselung des eingegebenen Passworts und Vergleich mit dem hinterlegten verschlüsselten Wertes
    - Oder durch Verifikation eines Hash-Wertes
  - Der login-Prozess startet dann das erste Benutzerprogramm (z.B. eine shell) mit der uid und gid, die zum eingegebenen Benutzernamen gehören



Softwarebasierter Schutz

- Kryptographische Sicherung von Informationen
  - z.B. Passworte der Systembenutzer DES-verschlüsselt
  - Ursprünglich in Unix: /etc/passwd

```
root:4t6f4rt3423:0:0:System Administrator:/var/root:/bin/sh
daemon:ge53r3rfrg:1:1:System Services:/var/root:/usr/bin/false
me:1x3Fe5$gRd:1000:1000:Michael Engel:/home/me:/bin/bash
```

  - *Problem*: verschlüsselte Passworte für alle Benutzer lesbar
    - ... und mit genügend Zeit auch durch **„brute force“-Angriff** zu knacken
    - Fertige Tools wie z.B. John the Ripper
- Heute: Nur Benutzerinformationen in /etc/passwd
  - Passworte stehen separat in /etc/shadow!

```
-rw-r--r-- 1 root root   1353 May 28 22:43 /etc/passwd
-rw-r----- 1 root shadow  901 May 28 22:43 /etc/shadow
```

Inhalt

- Überblick über Sicherheitsprobleme
- Rechteverwaltung
- Systemsoftware und Sicherheit
- **Softwarefehler**
- Fallbeispiele
- Zusammenfassung

Softwarefehler

- *Trade-off*: Performance ↔ Sicherheit
- C, C++, Assembler: „*unmanaged*“ Sprachen
  - Pointer, Arraygrenzen, Wertebereiche-Overflow
- C#, Java: „*managed*“ Sprachen
  - Für Systementwicklung ungeeignet!
  - … warum?
  - Aber auch Probleme in managed Sprachen!
- Probleme
  - Pufferüberläufe (siehe Übung)
  - Wertebereichsüberläufe
- Statistik zu Fehlern
  - Durchschnittlich ein Fehler pro 1000 lines of code
  - Unabhängig von der Implementierungssprache!

Wertebereiche

- Problem: Ganzzahlen werden durch Bitstrings mit begrenzter Bitanzahl dargestellt
- Beispiel: char in C
  - Wird als 8-Bit-Wert dargestellt
  - Wertebereich: -2^7 ... +2^7 – 1
  - ... oder -128 ... +127

```
char a = 127;
char b = 3;
char Ergebnis = a + b;
```

- Die zugehörige binäre Berechnung sieht wie folgt aus:

```
 01111111 (a)
+00000011 (b)
 10000010 (Ergebnis
           ist negativ!)
```

- Es sind nur die unteren 8 Bit signifikant
  - also Ergebnis = -126!

Wertebereiche

- Folgender Code führt zu Problemen:

```
char string[127] = "Hallo Welt!\n"
char a = 127;
char b = 3;

...

char myfunc(char *string, char index) {
   return string[index];
}

...
printf("%x", myfunc(string, a+b));
```

- im „besten“ Fall: ***Segmentation Fault***
- Schlimmer: Auslesen von „benachbarten“ Daten!

Heap-Überlauf

- *Heap* („Halde“): der Speicherbereich für dynamisch allozierte Daten (z.B. durch malloc angefordert)
- Puffer-Überläufe im *Heap* können problematisch sein
  - Separat mit malloc angeforderte Speicherbereiche liegen hintereinander im Hauptspeicher
  - Es findet keine Überlaufskontrolle statt
  - Durch Angabe falscher Größen von Datenbereichen kann ein Angreifer andere Daten auf dem *Heap* überschreiben
- Beispiel: Microsoft JPEG GDI+ (MS04-028)
  - Größenangaben in JPEG-Bilddateien wurden nicht überprüft
  - „Normale“ Bilddateien enthalten gültige Werte
    - Führen nicht zu Fehlverhalten
  - Manipulierte Bilddateien enthalten ungültige Werte
    - Überschreiben andere Daten auf dem Heap

Heap-Überlauf

```
#define BUFSIZE 16
#define OVERSIZE 8 /* overflow buf2 by OVERSIZE bytes */

int main(void) {
  u_long diff;
  char *buf1 = malloc(BUFSIZE),
       *buf2 = malloc(BUFSIZE);

  diff = (u_long)buf2 - (u_long)buf1;
  printf("buf1 = %p, buf2 = %p, diff = 0x%x\n", buf1, buf2, diff);

  memset(buf2, 'A', BUFSIZE-1);
  buf2[BUFSIZE-1] = '\0';

  printf("before overflow: buf2 = %s\n", buf2);
  memset(buf1, 'B', (u_int)(diff + OVERSIZE));
  printf("after overflow: buf2 = %s\n", buf2);
  return 0;
}
```

Ergebnis ...

- Überschreiten des Wertebereichs um 8 Bytes

```
root /w00w00/heap/examples/basic]# ./heap1
buf1 = 0x804e000, buf2 = 0x804eff0, diff = 0xff0 bytes
before overflow: buf2 = AAAAAAAAAAAAAAA
after overflow: buf2 = BBBBBBBBAAAAAAA
```

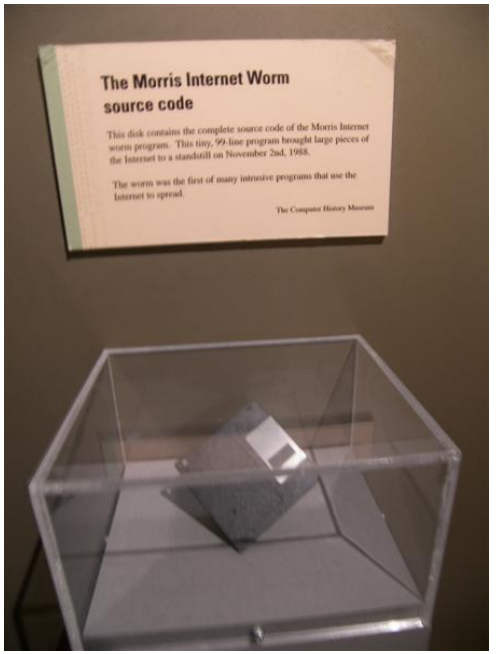
- buf1 überschreitet seine Grenze und erreicht den Heap-Bereich, in dem buf2 steht
- Dieser Heap-Bereich von buf2 ist immer noch gültiger Speicher
  - Also bricht das Programm nicht ab, sondern manipuliert Daten!

Inhalt

- Überblick über Sicherheitsprobleme
- Rechteverwaltung
- Systemsoftware und Sicherheit
- Softwarefehler
- **Fallbeispiele**
- Zusammenfassung

Unix Morris Worm (sendmail)

- Einer der ersten über Internet verbreiteten Würmer
- Geschrieben von einem Studenten der Cornell University, Robert Tappan Morris, und am 2. November 1988 vom MIT aus aktiviert
  - Vom MIT aus, damit der wahre Ursprung verschleiert werden konnte
  - Robert Tappan Morris ist heute *Professor* am MIT! :-)
- Nutzt Lücke im sendmail-System aus
  - *Buffer Overflow* in gets()
  - Geschrieben, um Größe des Internet zu bestimmen, infizierte jedes System nur einmal
  - ... hatte aber einen fatalen Bug in der Replikation!
- 6000 Unix-Systeme infiziert
  - Schaden zwischen US$10 und US$100 Millionen
  - ... 3 Jahre Haft auf Bewährung
    und US$10.000 Geldstrafe für den Autor ...



Michelangelo-Virus

- 1991 zum ersten Mal in Neuseeland entdeckt
- Bootsektor-Virus, infiziert u.a. MS-DOS-Systeme
  - Benutzt nur BIOS-Funktionen, keine DOS-Systemcalls
- Zeitgesteuertes Virus, aktiv am 6. März
- Überschreibt die ersten 100 Sektoren der (ersten) Festplatte mit Nullen
- Verbreitung über Bootsektoren von eingelegten Disketten
  - Installiert im Bootsektor der Festplatte
- Einer der ersten Viren, die großes Medieninteresse hervorriefen
  - ... das aber spektakulär übertrieben war ;-)
- Auslieferung kommerzieller Software mit Virus im Bootsektor
  - Heute: Viren auf USB-Sticks, Handys mit USB, ... ab Produktion

Sony BMG Rootkit

- Software auf mit Digital „Rights“ Management (DRM) versehenen, kopiergeschützten CDs
  - Filtertreiber für CD-ROM-Laufwerke sowie für die IDE-Treiber, durch die er Zugriffe auf Medien kontrolliert werden
  - Installation ohne Information oder Genehmigung des Benutzers
- Kontrolle der Verwendung von Daten der Sony BMG
  - Unter Windows-Systemen
- Verborgen vor Analyse mit *Rootkit*-Funktionen
  - taucht weder in der Software-Liste der Systemsteuerung auf, noch lässt sie sich über einen Uninstaller deinstallieren
  - versteckt nicht nur die zugehörigen Dateien, Verzeichnisse, Prozesse und *Registry*-Schlüssel, sondern global alles, was mit sys im Namen anfängt
  - Andere Schadsoftware kann sich damit einfach durch entsprechende Namensgebung mit Hilfe des *Rootkits* tarnen

Blue Pill – VM-basiertes Rootkit

- Entdeckung und Entfernung von *Rootkits* auf Betriebsystemebene ist möglich
  - Allerdings aufwendig
- Ziel: „unauffindbares“ *Rootkit*
- „Blue Pill“ soll einen PC ohne Neustart des Systems unter die Kontrolle eines *Rootkits* bringen
  - Ausnutzung von Hardware-Virtualisierungstechniken aktueller CPUs
  - keine Leistungseinbußen des Rechners
  - alle Geräte, wie etwa Grafikkarten, sind für das Betriebssystem weiterhin voll zugänglich
- Unauffindbar, da das Betriebssystem nicht merkt, dass es in einer virtuellen Maschine läuft
  - … aber es gibt doch Seiteneffekte, die es erlauben, auch solche *Rootkits* zu entdecken

Fazit

- Sicherheit in vernetzten Umgebungen immer relevanter
  - Extrem hoher Schaden durch Viren, *Phishing*, *Botnets*, ...
  - Auch erfahrene Computerbenutzer sind nicht sicher!
- Sicherheitsüberprüfungen in Code unerlässlich
  - Automatisierte Tests finden nicht alle Fehler
  - Manuelle *Audits* sind weiterhin erforderlich
  - Dennoch sind Sicherheitsprobleme unvermeidlich
    - Systemsoftware muss also ständig aktualisiert werden
- Hase-und-Igel-Spiel
  - „*Zero Day Exploits*“, also neu entdeckte und nicht veröffentlichte Sicherheitslücken, sind extrem gefährlich
  - Reaktionszeiten von Systemherstellern im Bereich von Stunden bis Monaten ...