

## G Sicherheitsmodelle

- Ziel: Klassifikation und Einordnung bekannter und weiterer Sicherheitskonzepte
- Fokus in diesem Abschnitt: Zugriffskontrolle
- Beispiel für reale Umsetzung: SE-Linux
- Formalisierung von Sicherheitsmodellen: Grundlage für verifizierbare Aussagen
  - Problem: komplette Sicherheitsmodelle komplexer Anwendungen meist nicht handhabbar
  - aber: Grundlage für den Nachweis von Eigenschaften konkreter Konzepte

## G.1 Objekte und Subjekte (2)

- ▲ **Subjekte:** greifen auf Objekte zu
- Problem: grob-granulare Subjekte
  - Benutzer, Benutzergruppen
  - ➔ Rechte werden an ganze Gruppen vergeben ohne individuelle Bedürfnisse zu berücksichtigen
- Problem: Verbindung Subjekt - reale Person
  - bei Rechtevergabe erfolgt Bezug auf Vertrauenswürdigkeit einer Person
  - Rechteaübung erfolgt durch Software, die für die Person agiert
    - ? ist die Software so vertrauenswürdig wie die Person

## G.1 Objekte und Subjekte

- ▲ **Objekte:** die zu schützenden Einheiten des Modells
- Problem: häufig sehr grob-granulare Festlegung der Objekte
  - z. B. Dateien, Directories
  - ➔ unvollständige Erfassung sicherheitsrelevanter Eigenschaften
    - z. B. Anlege-/Löschrecht für Directories
    - Folge: Sicherheitslücken
  - ➔ Zusammenfassung unterschiedlicher Einheiten zu einem Objekt
    - Verletzung des "need-to-know"-Prinzips

## G.1 Objekte und Subjekte (3)

- Anwendungsspezifische Granularität
  - ◆ Zugriffsrechte für Objekte beliebiger Granularität festlegbar
    - Persistente Objekte einer Anwendung
    - Sätze einer Datenbank
- Anwendungsspezifische Rechte
  - ◆ nicht nur systemweite Standard-Rechte
    - z. B. Rechte zum Aufruf bestimmter Methoden (Kontrolle z. B. mit Hilfe des Typ-Systems)
- Feingranulare Subjekte
  - ◆ nicht nur Benutzer und Benutzergruppen
    - zeitlich- und Rollen-abhängige Rechte

## G.2 Zugriffsrechte

- universelle Rechte
  - erlauben allgemeine, nicht objektspezifische Operationen
  - z. B. read/write auf Dateien
    - unabhängig von der Semantik des Dateiinhalts
  - Realisierung: konventionelle Dateisysteme
- objektspezifische Rechte
  - Einschränkung von Zugriffsmöglichkeiten auf einen festgelegten funktionalen Kontext
  - Manipulation eines Objekts nur gemäß der festgelegten Semantik der erlaubten Operation (Typ-spezifische Rechte)
  - Realisierung:
    - objektorientierte Middleware
    - Datenbanksysteme

## 2 Systembestimmte Zugriffskontrollstrategien

### Mandatory Access Control (MAC)

- Systemweite Regeln dominieren über Benutzer-bestimmte Regeln
  - Zugriff wird verweigert, auch wenn ihn benutzerspezifische Regeln erlauben würden
  - Benutzer kann systemweite Regeln weiter einschränken

### 3 Rollenbasierte Zugriffskontrollstrategien

#### Role-Based Access Control (RBAC)

- Rechtemanagement nicht auf Basis von Subjekten (Benutzern) sondern an den durchzuführenden Aufgaben (Rollen) orientiert
- Subjekte erhalten Rechte aufgrund der Rolle, die sie gerade ausführen
  - ggf. zeitlich variabel

## G.3 Zugriffskontrollstrategien

### 1 Benutzer-bestimmbare Zugriffskontrollstrategien

#### Discretionary Access Control (DAC)

- Eigentümer eines Objekts ist für die Rechtevergabe verantwortlich
- Vergabe auf Basis einzelner Objekte
  - z. B. Datei-Zugriffsrechte unter UNIX (*chmod*)
- Festlegung Objekt-bezogener Sicherheitseigenschaften
- ★ keine System-globalen Sicherheitseigenschaften möglich / festlegbar
  - Abhängigkeiten zwischen Objekten werden bei Festlegung der Zugriffsrechte nicht zwangsläufig berücksichtigt
    - Benutzung, Kommunikation, Kooperation zwischen Objekten
      - Inkonsistenzen in der Gesamtstrategie (z. B. unbeabsichtigte Informationsflüsse)

## G.4 Zugriffskontrollmodelle

### 1 Zugriffsmatrix-Modell (vgl. Abschnitt D.3)

- Schutzzustand des Systems wird durch Matrix beschrieben
  - Spalten = Objekte  $O$
  - Zeilen = Subjekte  $S$
  - Festlegung von Rechten  $R$  zu jedem Tupel  $(s, o)$
- statische Zugriffsmatrix
  - Modellierung von Anwendungsproblemen mit a priori bekanntem Rechtezustand
  - z. B. für Sicherheitsstrategien einfacher Router (zustandslose Paketfilter-Firewalls)

	Port 21 (ftp)	Port 25 (smtp)	Port 53 (DNS)	Port 514 (rsh)	> 1023
ftp-Server	receive		send		
Mail-Rechner		receive			send
externer Rechner		send	send		

## 1 Zugriffsmatrix-Modell (2)

G.4 Zugriffskontrollmodelle

- dynamische Zugriffsmatrix
  - Veränderungen der Matrix durch Operationen (z. B. `create/destroy` von Objekten oder Subjekten, `enter/delete` von Rechten)
- Sicherheitseigenschaften
  - Formalisierung von Schutzzuständen ermöglicht Untersuchung von Sicherheitseigenschaften der modellierten Systeme
- ◆ Safety-Problem
  - $r \in M_t(s,o)$  : In Schutzzustand  $M_t$  hat Subjekt  $s$  das Recht  $r$  an Objekt  $o$ 
    - Objekt  $o$  hat das Recht  $r$  nicht.  
Ist sicher, dass es das Recht in Zukunft nicht erlangen kann?  
 $r \notin M_{t'}(s,o)$ .  $\nexists M_{t'}$  mit  $t' > t$  und  $r \in M_{t'}(s,o)$  ?
    - allgemein nicht entscheidbar,  
für konkrete Fälle meist aber Entscheidung möglich

SYSSEC

## 1 Zugriffsmatrix-Modell (3)

G.4 Zugriffskontrollmodelle

- ... Sicherheitseigenschaften
  - ◆ Soll-Ist-Vergleiche
    - erfüllt ein modelliertes System (Ist-Eigenschaften) die gestellten Anforderungen (Soll-Eigenschaften)
    - Verifikation bei formaler Spezifikation der Eigenschaften möglich
  - ◆ Modellierung von Zugriffsrechten
    - Modellierung konkreter Zugriffsrecht-Konzepten (z. B. UNIX-Rechte) durch Kommandos zur Modifikation einer Zugriffsmatrix
    - Basis für formale Überprüfung von Konzepten (vgl. Eckert, IT-Sicherheit 5. Auflage, Seite 241 ff)
  - ◆ Einsatz von Zugriffsmatrix-Modellen
    - erlauben feingranulare Spezifikation von Objekten und Subjekten
    - Überprüfung von Eigenschaften mit Hilfe von Werkzeugen möglich (Basis: Model-Checking-Ansatz)
    - Theoretische Grundlage von Flask/SELinux

SYSSEC

## 2 Rollenbasierte Modelle

G.4 Zugriffskontrollmodelle

- Definition:  $RBAC = (S, O, RL, P, sr, pr, session)$ 
  - $S$  endliche Menge der Benutzer des Systems
  - $O$  endliche Menge der zu schützenden Objekte
  - $RL$  endliche Menge von Rollen. Jede Rolle beschreibt eine Aufgabe und damit die Berechtigungen der Rollenmitglieder
  - $P$  endliche Menge der Zugriffsberechtigungen
  - $sr$  Relation der Rollenmitgliedschaft  $sr: S \rightarrow 2^{RL}$   
 $sr(s) = \{R_1, \dots, R_n\} \Rightarrow$  Subjekt  $s$  darf in den Rollen  $R_1 \dots R_n$  aktiv sein
  - $pr$  Berechtigungsrelation  $pr: RL \rightarrow 2^P$   
ordnet jeder Rolle  $R \in RL$  die Zugriffsrechte zu, die ihre Mitglieder während ihrer Rollenaktivität wahrnehmen dürfen
  - $session$  Relation  $session \subseteq S \times 2^{RL}$  beschreibt Sitzungen  $(s, rl)$  mit  $rl \subseteq sr(s)$   
Für ein Subjekt  $s$  und eine Sitzung  $(s, rl) \in session$  gilt:  
 $s$  besitzt alle Rechte der Rollen  $R \in rl$   
Sitzung  $(s, rl)$ :  $s$  ist aktiv in den Rollen  $R \in rl$

SYSSEC

## 2 Rollenbasierte Modelle (2)

G.4 Zugriffskontrollmodelle

- Beispiel: Bank
  - Rollen:  $RL = \{\text{Zweigstellenleiter, Kassierer, Kundenbetreuer, Kunde}\}$
  - Objekte:  $O = \{\text{Kundenkonten, Kreditdaten, Kundendaten}\}$
  - Zugriffsrechte:  $P = \{\text{Konto sperren, Kreditrahmen festlegen, Einzahlung, ...}\}$
  - Subjekte:  $S = \{\text{Huber, Meier}\}$
  - Huber ist Zeigstellenleiter, Meier ist Kundenbetreuer, beide sind auch Kunden ihrer eigenen Bank  
 $sr(\text{Huber}) = \{\text{Zweigstellenleiter, Kunde}\}$   
 $sr(\text{Meier}) = \{\text{Kundenbetreuer, Kunde}\}$
  - Beispiel für Rechtevergabe  
 $\{\text{Konto sperren, Kreditrahmen festlegen}\} \subseteq pr(\text{Zweigstellenleiter})$   
 $\{\text{Einzahlung, Auszahlung}\} \subseteq pr(\text{Kunde})$

SYSSEC

## 2 Rollenbasierte Modelle (3)

- Hierarchische RBAC
  - Aufgaben und Zuständigkeiten sind in der Praxis häufig hierarchisch geordnet — z. B.
    - Zweigstellenleiter  $\geq$  Kassenprüfer
    - Kassenprüfer  $\geq$  Kundenbetreuer
    - Kassenprüfer  $\geq$  Kassierer
  - Problem: durch Rollenhierarchie erbt z. B. Kassenprüfer alle Rechte von Kassierer, obwohl er diese (z. B. Ein- und Auszahlung auf Kundenkonten) für seine Aufgabe nicht benötigt
- Beschränkte Rollenmitgliedschaft
  - ◆ Regeln zur Aufgabentrennung (*separation of duty*) beschreiben den wechselseitigen Ausschluss von Rollenmitgliedschaften
    - statische Aufgabentrennung  $SSD \subseteq RL \times RL$  mit  $(R_i, R_j) \in SSD \Leftrightarrow$  gleichzeitige Mitgliedschaft in den Rollen  $R_i$  und  $R_j$  ist ausgeschlossen (z. B. Kassenprüfer darf nicht Kassierer sein)
    - dynamische Aufgabentrennung  $DSD \subseteq RL \times RL$  mit  $(R_i, R_j) \in DSD \Leftrightarrow$  gleichzeitige Aktivität in den Rollen  $R_i$  und  $R_j$  ist unzulässig

## 3 Chinese-Wall-Modell (Brewer-Nash-Modell)

- Hintergrund: unzulässige Ausnutzung von Insiderwissen bei Bank- und Börsentransaktionen verhindern
  - weiteres Einsatzfeld: Informationsfluss zwischen konkurrierenden Unternehmen in Unternehmensberatungen verhindern
- Idee: zukünftige Zugriffsmöglichkeiten eines Subjekts können durch seine Zugriffe in der Vergangenheit beschränkt werden
  - Basis: Zugriffsmatrix-Modell beschreibt die grundlegenden Rechte
  - Zugriffshistorie wird aufgezeichnet
  - Zugriffsentscheidungen auf Basis der Zugriffsmatrix + Zugriffshistorie
- Probleme:
  - Regeln meist zu restriktiv
  - Modell erfasst nur den Schutz von Vertraulichkeit, nicht aber Datenintegrität

## 4 Bell - La Padula - Modell

- erstes vollständig formalisiertes Sicherheitsmodell
  - 1973 im Auftrag der US Air Force entwickelt
- Basis: dynamisches Zugriffsmatrix-Modell  
 $R = \{read-only, append, execute, read-write, control\}$   
(*control* erlaubt Rechteweitergabe und -rücknahme)
- **Multi-Level-Security (MLS)** - Modell
  - Subjekte und Objekte werden mit einer Sicherheitsstufe markiert
- regelt den Fluss von Informationen
  - ◆ Simple-Security-Regel (*no-read-up* Regel)
    - ein Subjekt auf Sicherheitsstufe  $k$  kann nur Objekte von Sicherheitsstufe  $\leq k$  lesen oder ausführen
  - ◆ \*-Regel (*no-write-down* Regel)
    - ein Subjekt auf Sicherheitsstufe  $k$  kann nur auf Objekte von Sicherheitsstufe  $\geq k$  schreiben

## 4 Bell - La Padula - Modell (2)

- sichert nur Datenvertraulichkeit, nicht aber Datenintegrität!
- umgekehrte Eigenschaften zum Schutz von Datenintegrität
  - ◆ Simple-Integrity-Regel und Integrity-\*-Regel
- ➔ einfache MLS-Modelle in der Praxis ungenügend
  - ◆ aber konzeptionelle Basis für heutige MAC-Systeme
  - ◆ Einsatz des Bell-LaPadula-Modells mit Erweiterungen in heutigen Betriebssystemen
    - SELinux
    - AppArmor
    - z/OS (IBM), Solaris 10 mit Trusted Extensions

## G.5 Beispiel SELinux

### 1 Überblick

- Erweiterung von Linux um flexiblen MAC-Mechanismus
  - **Type Enforcement**
    - jedem Subjekt und Objekt ist ein *Security Context = user : role : type* zugeordnet
    - Objektzugriff erfordert Autorisierung des Subjekt-Typs (= *Domain*) für den Objekt-Typ – unabhängig von dem tatsächlichen Benutzer
    - Autorisierung erfolgt auf Basis einer *SELinux Policy* (Datei, die alle Regeln des SELinux-Kerns enthält)
    - Flexible Regeln durch rollenbasierte Zugriffskontrolle
    - zusätzliche MLS durch Definition mehrere Sicherheitsebenen möglich (entsprechend Bell-LaPadula-Modell)
- *Type Enforcement* erfolgt zusätzlich zu den herkömmlichen UNIX-Rechteprüfungen

## 3 Zugriffskontrolle durch Type Enforcement

- Beispiel 3: Realisierung des Programms `/usr/bin/passwd`
  - ◆ benötigt Schreibrechte auf `/etc/shadow` um verschlüsselte Passwörter zu ersetzen
  - ◆ normale Vorgehensweise:
    - `/usr/bin/passwd` hat root-s-Bit
    - `/etc/shadow` ist nur für root les- und schreibbar
    - Problem: alle anderen Programme die mit `root`-uid ausgeführt werden könnten ebenfalls `/etc/shadow` modifizieren
  - ◆ Standard-UNIX-Situation:
    - Programm benötigt zum Ablauf besondere Privilegien
    - s-Bit bewirkt Umschalten der euid im Rahmen des `execve`-Systemaufrufs
    - eigentlich sehr grob-granulare Lösung
      - alle oder viele (Gruppe) dürfen das Programm ausführen
      - das Programm hat - egal wer es ausführt - alle Rechte des Dateibesitzers

## 2 Zugriffskontrolle durch Type Enforcement

- Zugriffe in SELinux müssen explizit erlaubt werden
  - Default: kein Zugriff (unabhängig von den Linux-Rechten!)
  - ◆ allow-Regeln spezifizieren den Zugriff eines Subjekt-Typs (Domain) auf einen Objekt-Typ
 

<i>source type(s)</i>	Domain eines Prozesses der auf Objekt zugreifen möchte
<i>target type(s)</i>	Typ eines Objekts auf das der Prozess zugreifen soll
<i>object class(es)</i>	Die Objektklasse(n), für die der Zugriff erlaubt ist
<i>permission(s)</i>	
- Beispiel 1:
 

```
allow user_t bin_t : file {read, execute, getattr};
```

  - Prozess der Domain `user_t` dürfen auf `file`-Objekte des Typs `bin_t` mit den Rechten `read`, `execute` oder `getattr` zugreifen
- Beispiel 2:
 

```
audit user_t classified_t : file {read, unlink};
```

  - Eskaliere Zugriffe auf geschützte Dateien

## 4 Domain Transition

- SELinux: Verfeinerte Objekte und Subjektdefinitionen:
  - Typ `passwd_t` als Domain für `/usr/bin/passwd`
  - Typ `shadow_t` als Typ für `/etc/shadow`
  - ◆ Regel:
 

```
allow passwd_t shadow_t : file {ioctl read write create getattr setattr lock relabelfrom relabelto append unlink link rename}
```
- SELinux erlaubt Verfeinerung der Fragestellung
  - wie bekommt der Prozess, der `/usr/bin/passwd` ausführt den Domain-Typ `passwd_t`?
  - mehrere Teilprobleme:
    1. welche Domains dürfen `/usr/bin/passwd` ausführen?
    2. welche Prozesse (d. h. Instanzen welcher Programme) dürfen den Domain-Typ `passwd_t` bekommen?
    3. welche Domains dürfen bei Ausführung eines solchen Programms in den Domain `passwd_t` überführt werden?

## 4 Domain Transition (2)

G.5 Beispiel SELinux

### ■ SELinux-Lösung:

1. Ausführungsrecht für `/usr/bin/passwd`
  - "normale" Benutzerprozesse laufen in Domain `user_t`
  - `/usr/bin/passwd` hat Typ `passwd_exec_t`
  - `allow user_t passwd_exec_t : file (getattr execute);`  
"normale" Benutzerprozesse (Prozesse in Domain `user_t`) dürfen `stat(2)` und `execve(2)` auf `/usr/bin/passwd` ausführen
2. "Potentielles s-Bit" für das Programm `/usr/bin/passwd`
  - `allow passwd_t passwd_exec_t : file entrypoint;`  
Prozesse, die das Programm `/usr/bin/passwd` ausführen, dürfen in Domain `passwd_t` überführt werden
  - strikte Kontrolle, welche Programme eine Domain betreten dürfen!
3. s-Bit-Nutzungsrecht für Domain `user_t`
  - `allow user_t passwd_t : process transition;`  
Prozesse in Domain `user_t` dürfen in Domain `passwd_t` überführt werden

## 5 Rollen

G.5 Beispiel SELinux

### ■ Mechanismus zur Einschränkung von Domain-Zuordnungen oder Domain-Transitionen

- Gegensatz zu RBAC-Modellen, die Rollen mit Rechten verknüpfen!
- Rechte in SELinux ergeben sich nur aus *Type-Enforcement-Mechanismus*
- Rollen schränken Rechte ein

### ■ Zuordnung von Linux-Benutzern (uid) zu Rollen

- `user joe roles { user_r, system_r };`  
Prozesse des Benutzers `joe` dürfen die Rollen `user_r` und `system_r` einnehmen

### ■ Kompatibilität von Domain-Typen und Rollen

- `role user_r types user_t;`  
`role user_r types passwd_t;`  
die Domains `user_t` und `passwd_t` sind mit der Rolle `user_r` kompatibel  
=> Prozesse in der Rolle `user_r` dürfen eine Domain-Transition zwischen `user_t` und `passwd_t` durchführen

## 4 Domain Transition (3)

G.5 Beispiel SELinux

### ■ explizit

- vor einem `execve`-Aufruf wird der Security Context dafür gesetzt (`setexeccon(3)`)
- Problem: aufrufendes Programm hat meist kein explizites Wissen über den besonderen Rechtebedarf des ausgeführten Programms: s-Bit-Semantik setzt `euid` automatisch um - aufrufendes Programm

### ■ implizit : `process passwd_t`

- spezielle Regel in der SELinux Policy
- `type_transition user_t passwd_exec_t : process passwd_t;`  
wenn ein Prozess der Domain `user_t` ein Objekt mit Typ `passwd_exec_t` ausführt, wird die Domain des Prozesses automatisch nach `passwd_t` überführt. Die Regel bezieht sich auf die Objektklasse `process`
  - ein Prozess (normalerweise ein Subjekt) ist hier Objekt im Sinn der Regel - d. h. die Regel bezieht sich auf Prozesse

## 5 Rollen (2)

G.5 Beispiel SELinux

### ■ Ziele

1. Entkopplung von Linux-Benutzer-Ids und SELinux-Domains
  - große Benutzerzahl, viele Domains
  - wenige "typische" Rollen fassen die Rechte auf die Typen zusammen ("normaler Benutzer", "Administrator", ...)
  - Zuordnung der Rollen zu den Benutzern überschaubar
2. Rechte eines Benutzers werden auf die gerade "aktive" Rolle beschränkt
  - jeder Prozess hat jeweils eine "aktive" Rolle  
Domaintransitionen sind auf dazu kompatible Domains beschränkt
  - Wechsel der "aktiven" Rolle erlaubt temporären Rechtewechsel (ähnlich wie `su/sudo`-Kommando, aber feiner abstimmbare)

## 6 Multi-Level-Security

G.5 Beispiel SELinux

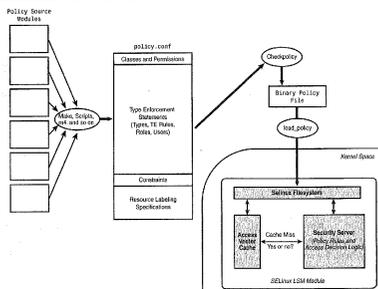
- Variante des Bell-LaPadula-Modells
- *Security Context* wird um Sicherheitsstufe(n) *SL* erweitert
  - $SL = (s, C)$ 
    - s* Sensitivity, aus einer geordneten Menge von Werten
    - $C = \{c1, \dots, cn\}$  Kategorie-Werte, ungeordnete Werte
  - Relationen auf Sicherheitsstufen
    - dom* SL1 dominates SL2  $\Leftrightarrow s1 \geq s2 \wedge C1 \supseteq C2$
    - domby* SL1 is dominated by SL2  $\Leftrightarrow s1 \leq s2 \wedge C1 \subseteq C2$
    - eq* SL1 is equal to SL2  $\Leftrightarrow s1 = s2 \wedge C1 = C2$
    - incomp* SL1 is incomparable to SL2  $\Leftrightarrow C1 \not\subseteq C2 \wedge C2 \not\subseteq C1$
- Basis-Regeln
  - Prozess darf Objekt lesen wenn  $SL_{proc} \text{ dom } SL_{Obj}$
  - Prozess darf Objekt schreiben wenn  $SL_{proc} \text{ domby } SL_{Obj}$
- Erweiterung: vertrauenswürdige Anwendungen dürfen Sicherheitsstufen von Objekten (z. B. Dateien) verändern

## 7 SELinux Kern-Architektur

G.5 Beispiel SELinux

- Basis: LSM (*Linux Security Modules*) Framework
  - Anknüpfungspunkte für Sicherheitsabfragen in allen sicherheitsrelevanten Systemaufrufen
  - LSM-Aufrufe erfolgen nach den "normalen" Zugriffsrecht-Abfragen (DAC)

## 8 Installation von SELinux Policies



## 9 Feingranulare Rechte-Spezifikation bei MAC

G.5 Beispiel SELinux

- MAC: Rechte werden systemweit für Objektmengen spezifiziert
  - allow-Regeln  
allow Domain-Typ(en) Objekt-Typ(en) : Objekt-Klasse(n) Recht(e);
- ▲ Objekt-Klasse erlaubt Zusammenfassung/Differenzierung von Objekten
  - *file, blk\_file, chr\_file, dir, lnk\_file, ...*
  - *socket, tcp\_socket, unix\_stream\_socket, ...*
  - *msg, sem, shm*
  - *capability, process, security, system*

## 9 Feingranulare Rechte-Spezifikation bei MAC (2)

G.5 Beispiel SELinux

- ▲ Rechte für die Nutzung von Systemschnittstellen
  - im Gegensatz zu Standard-UNIX-Rechten (rwx) sehr fein-granular
- Beispiele für Objekt-Klasse *file*
  - *read, write, append, execute, ioctl, create, rename, unlink,*
  - *setattr* (für *chmod*), *getattr* (für *stat*),
  - *entrypoint* (s-Bit der Datei darf genutzt werden = Datei darf für Domain-Transition genutzt werden)
  - *execute\_no\_trans* (Datei wird in Domain des Aufrufers ausgeführt - ohne Domain-Transition)
  - ...
- Beispiele für Objekt-Klasse *process*
  - *fork, sigkill* (darf SIGKILL versenden),
  - *execstack* (Prozess darf Code auf Stack ausführen)
  - ...

## 9 Feingranulare Rechte-Spezifikation bei MAC (3)

### ▲ Typen

- repräsentieren Ressourcen in Bezug auf Sicherheit
- Zuordnung erfolgt über Security Context
- typischerweise sehr große Zahl von Typen in einem SELinux-System

### ▲ Attribute

- Konzept zur Gruppierung von Typen
- allow-Regeln können sich auf Attribute statt auf Typen beziehen

## 10 Literatur

MMC07. Frank Mayer, Karl MacMillan, David Caplan. *SELinux by Example*. Prentice Hall, 2007.