# 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

- **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 (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
  - ➤ Rechteausübung erfolgt durch Software, die für die Person agiert
    - ? ist die Software so vertrauenswürdig wie die Person






# 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






# 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)






## 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.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)

- dynamische Zugriffsmatrix
  - ➤ Veränderungen der Matrix durch Operationen
    (z. B. **`create`**/**`destroy`** von Objekten oder Subjekten,
    **`enter`**/**`delete`** von Rechten)
- Sicherheitseigenschaften
  - ➤ Formalisierung von Schutzzuständen ermöglich 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






# 2 Rollenbasierte Modelle

- 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 $sr: S \rightarrow 2^{RL}$
    $sr(s) = \{R_1, ..., R_n\} \Rightarrow$ Subjekt $s$ darf in den Rollen $R_1 \ldots R_n$ 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 $R \in rl$






# 1 Zugriffsmatrix-Modell (3)

- … 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
    - ➤ nur für kleine Modelle handhabbar
    - ➤ Überprüfung von Eigenschaften mit Hilfe von Werkzeugen möglich
      (Basis: Model-Checking-Ansatz)






# 2 Rollenbasierte Modelle (2)

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

## 2 Rollenbasierte Modelle (3)

- Hierarchische RBAC
  - ➤ Aufgaben und Zuständigkeiten sind in der Praxis häufig hierarchisch geordnet — z. B.
    Zweigstellenleiter ≥ Kassenprüfer
    Kassenprüfer ≥ Kundenbetreuer
    Kassenprüfer ≥ 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
  $R = \{read\text{-}only, append, execute, read\text{-}write, control\}$
  (*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 ≤ *k* lesen oder ausführen
  - ◆ *-Regel (*no-write-down* Regel)
    - ➤ ein Subjekt auf Sicherheitsstufe *k* kann nur auf Objekte von Sicherheitsstufe ≥ k schreiben






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

- sichert nur Datenvertraulichkeit, nicht aber Datenintegrität!

## 5 Biba - Modell

- 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






## 2 Zugriffkontrolle durch Type Enforcement

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

    | | |
    |---|---|
    | *source type(s)* | Domain eines Prozesses der auf Objekt zugreifen möchte |
    | *target type(s)* | Typ eines Objekts auf das der Prozess zugreifen soll |
    | *object class(es)* | Die Objektklasse(n), für die der Zugriff erlaubt ist |
    | *permission(s)* | |

- 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






## 3 Zugriffkontrolle durch Type Enforcement

- Beispiel 2: Realisierung des Programms /bin/passwd
  - ◆ benötigt Schreibrechte auf /etc/shadow um verschlüsselte Passwörter zu ersetzen
  - ◆ normale Vorgehensweise:
    - ➤ /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
  - ◆ SELinux
    - ➤ Typ passwd_t als Domain für /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}
      ```






## 4 Domain Transition

- 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
- 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 soclhen Programms in den Domain `passwd_t` überführt werden?

## 4 Domain Transition (2)

- 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

- 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)

- 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 Poliy
  - ➤ `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)

- 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 abstimmbar)

## 6 Multi-Level-Security

- Variante des Bell-LaPadula-Modells
- *Security Context* wird um Sicherheitsstufe(n) $SL$ erweitert
  - $SL = (s, C)$
    $s$ Sensitivity, aus einer geordneten Menge von Werten
    $C = \{c1, ..., cn\}$ 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 S2 $\Leftrightarrow$ s1 = s2 $\wedge$ C1 = C2
    *incomp* SL1 is incomparable to S2 $\Leftrightarrow$ C1 $\not\subset$ C2 $\wedge$ C2 $\not\subset$ C1
- Basis-Regeln
  - Prozess darf Objekt lesen wenn $SL_{proc}$ *dom* $SL_{Obj}$
  - Prozess darf Objekt schreiben wenn $SL_{Proc}$ *domby* $SL_{Obj}$
- Erweiterung: vertrauenswürdige Anwendungen dürfen Sicherheitsstufen von Objekten (z. B. Dateien) verändern

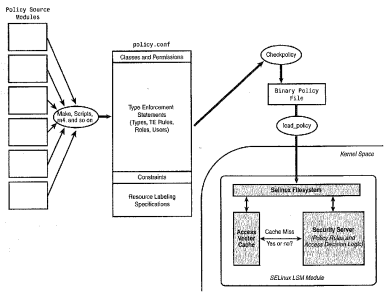





## 7 SELinux Kern-Architektur

- 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

- 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)

- 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 das 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.