Themen zur Computersicherheit

Autorisierung

PD Dr. Reinhard Bündgen
buendgen@de.ibm.com

Ziel der Autorisierung

Zugriffskontrolle

- Kontrolle des Zugriffs auf Ressourcen
- Wer darf mit welchen Ressourcen was tun?
  - Subjekte: Teilnehmer, Rollen, Prozesse
  - Objekte: Dateien, Sockets, Programme, Prozesse
  - Zugriffsarten: lesen, schreiben, verändern, ausführen, öffnen, erzeugen, tracen, …
- Durchsetzung der Zugriffskontrolle
  - von Nutzer bestimmt (discretionary access control – DAC)
  - vom System bestimmt (mandatory access control – MAC)

Modelle zur Autorisierung

- Zugriffsmatrix
- Rollenbasierter Zugriff
- Bell-LaPadula

Zugriffsmatrix

Definition Seien

- t ein Zeitpunkt
- O_t eine Menge von Objekten zum Zeitpunkt t
- S_t eine Menge von Subjekten zum Zeitpunkt t mit $S_t \subseteq O_t$
- A eine endliche Menge von Zugriffsrechten

dann ist M_t: S_t x $O_t \rightarrow 2^A$ eine *Zugriffsmatrix zum Zeitpunkt t* wobei $M_t(s,o) = \{a_1,...,a_n\}$ heißt, das Subjekt s hat zum Zeitpunkt t die Zugriffsrechte $a_1,...,a_n$ an Objekt o.

Beispiel einer Zugriffsmatrix

	Datei 1	Datei 2	Uwe	Prozess 1	Prozess 2	Prozess 3	Prozess 4
Uwe						execute	
Prozess 1					control, send		ccontrol
Prozess 2				wait, signal		control	
Prozess 3	read, write	write, owner			receive		send
Prozess 4			create, delete			send	

Dynamische Zugriffsmatrizen

- Statische Zugriffsmatrix: $M = M_t$ für alle Zeitpunkte t
- Dynamische Zugriffsmatrix: M_t kann sich mit der Zeit ändern
  - Änderung der Rechte:
    - $M_{t'} = \text{change}(M_t, M^+, M^-)$ mit $M_{t'}(s,o) = M_t(s,o) \cup M^+(s,o) \setminus M^-(s,o)$ für alle s,o und $t' > t$
  - Änderung der Subjekt und Objektmengen
  - Beispiele
    - Änderung von Dateizugriffsrechten (chmod)
    - Erzeugung / Löschung von Dateien, Prozessen

Beschreibung von Sicherheitseigenschaften

Safety-Problem

- Die Relation $\models_{S'}$ beschreibt eine mögliche Änderung einer Zugriffsmatrix dadurch, dass ein Subjekt $s \in S' \subseteq S$ eine ihm erlaubte Operation ausführt.
- Sei $\models_{S'}^*$ die reflexiv-transitive Hülle von $\models_{S'}$
- Frage: Sei a eine unzulässiges Zugriffsrecht auf das Objekt o für das Subjekt s. Gibt es zu gegebener Zustandsmatrix M_t zum Zeitpunkt t einen Zeitpunkt t' und Operationen von Subjekten in S', so dass $M_t \models_{S'}^* M_{t'}$, so dass $a \in M_{t'}(s,o)$?
- Das Safety-Problem ist unentscheidbar.

Soll-Ist Vergleiche

- Gegeben eine möglicherweise informelle Spezifikation der gewünschten Zugriffsrechte und Zugriffsbeschränkungen: Erfüllt Ein System mit gegebener Zugriffsmatrix diese Spezifikation?
- Zugriffsmatrix beschreibt keine Zugriffsbeschränkungen.
- Zugriffsrechte können in Zugriffsmatrix implizit beschrieben werden
  - execute $\in$ M(Uwe, Process3), read $\in$ M(Prozess3, Datei1) => Uwe kann Datei1 lesen

Rollenbasiertes Zugriffsmodell

- role based access control (RBAC)

Definition Seien

- S eine Menge von Teilnehmern,
- O eine Menge von Objekten,
- R eine Menge von Rollen,
- A eine Menge von Rechten,
- sr: $S \rightarrow 2^{R,}$ mit s darf Rolle r einnehmen wenn $r \in sr(s)$,
- ra: $R \rightarrow 2^{A}$ mit r hat Recht a wenn $a \in ra(r)$,
- ses $\subseteq S \times 2^{R}$ die Menge der aktuellen Sitzungen, wobei $R' \subseteq sr(s)$ für alle $(s,R') \in ses$

Dann gilt für die Sitzung (s,R'), dass s die Rechte $\bigcup_{r \in R'} ra(r)$ hat.

RBAC Beispiel

Beispiel : Bank

- Teilnehmer: Sonja, Uwe, Klaus
- Rollen: Kunde, Kassierer, Kundenbetreuer, Zweigstellenleiter, Kassenprüfer
- Objekte: Kundenkonten, Personaldaten, Kundendaten; Kreditdaten
- Rechte: Geld einzahlen, Geld abheben, Konto sperren, Kreditrahmen erhöhen
- sr(Sonja) = {Zweigstellenleiter, Kunde}
- sr(Uwe) = {Kassierer, Kundenbetreuer, Kunde}
- sr(Klaus) = {Kassenprüfer}
- Einschränkungen:
  - kein Teilnehmer darf sowohl die Rolle eines Kassierers als auch die eines Kassenprüfers haben (statischen Aufgabentrennung)
  - keine Sitzung darf sowohl die Rollen eines Kundenbetreuers als auch die eines Kunden haben (dynamische Aufgabentrennung)

Hierarchische rollenbasierte Modelle

- Gegeben eine partielle Ordnung ≥ über den Rollen mit aus $r_1 \geq r_2$ folgt, dass r_1 alle Zugriffsrechte von r_2 hat.
- Beispiel:
  - Zweigstellenleiter > Kassierer
  - Zweigstellenleiter > Kundenbetreuer
  - Kassenprüfer > Kassierer

Das Bell-LaPadula Modell

- 1973 von D. E. Bell und L. J. LaPadula (im Auftrag der US Air Force) entwickelt
- Oft auch mit Multi Level Security (MLS) bezeichnet
- Ziel Schutzvertraulicher Information
- Implementierungen:
  - trusted Solaris
  - SELinux
  - z/OS - RACF

Bell-LaPadula Modell - Definitionen

- aufbauend auf dynamischen Zugriffsmatrixmodell
- Zugriffsrechte: A = {read-only, append, execute, read-write, control}
- Geordnete Menge von Sicherheitsmarken M
  - z.B. Zugriffsklassifizierung
- Menge von Sicherheitskategorien K
  - z.B. Rollen mit Zugriff
- Geordnete Menge von Sicherheitsklassen $C = M \times 2^K$
  - mit $(m,k) \leq (m',k') \iff (m \leq m' \wedge k \subseteq k')$
- sc: $S \rightarrow C$ ist die Clearance eines Subjekts
- sc: $O \rightarrow C$ ist Klassifikation eines Objekts
- Ein Subjekt kann sich mit der aktuellen Sicherheitsklasse $sc_{akt}(s)$ einloggen wenn $sc_{akt}(s) \leq sc(s)$

BLP Beispiel Krankenhaus

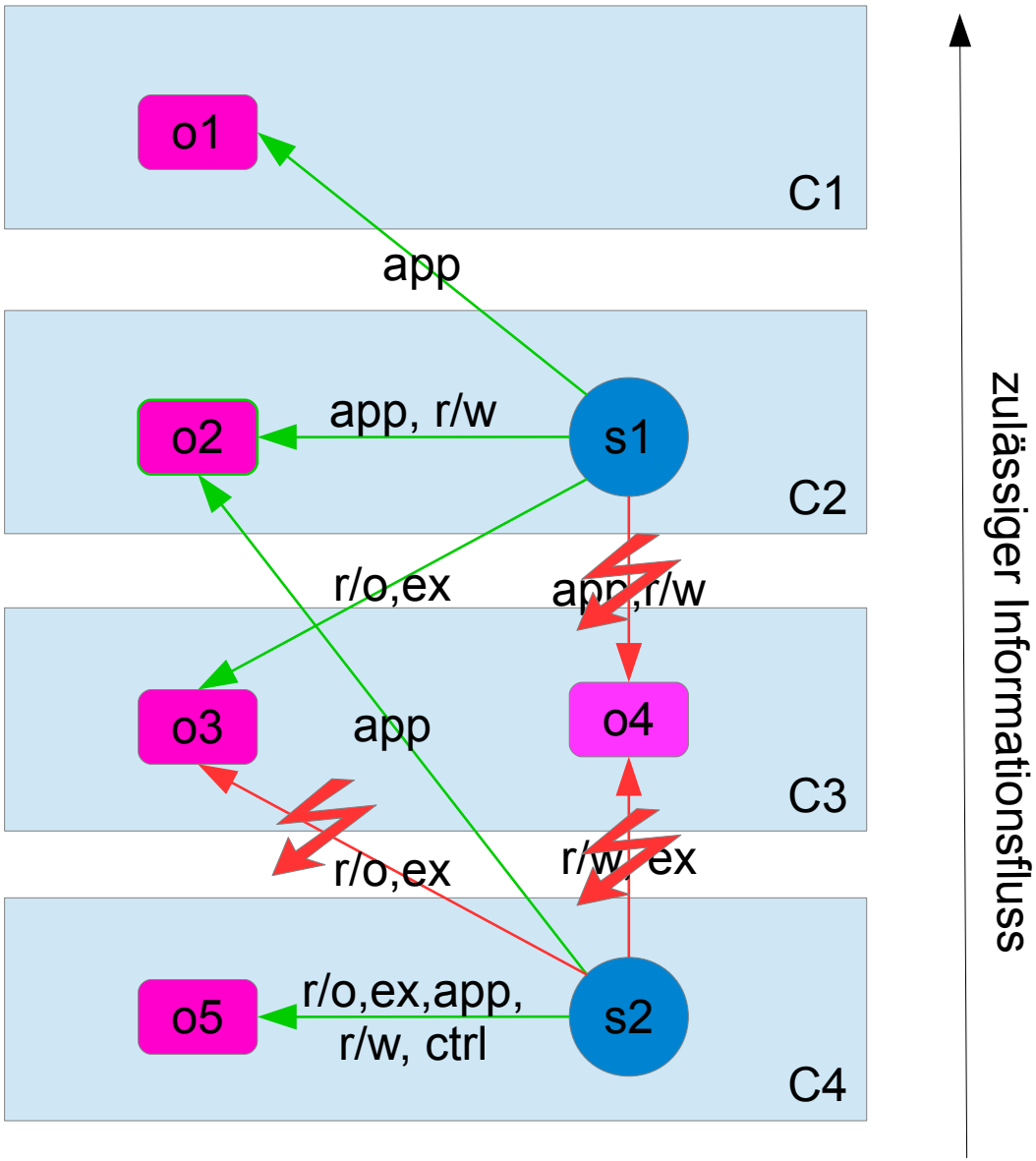
- S = { Achim, Claudia, Lotte, Frieder, Hans }
- O = { Krankenakte, Forschungsergebnis, Behandlungsplan, Gehaltsabrechnung }
- M = { geheim, vertraulich, unklassifiziert } mit geheim ≥ vertraulich ≥ unklassifiziert
- K = { Chefarzt, Arzt, Schwester, Patient, Verwaltung, Besucher }
- C = { (geheim, ∅), (geheim, {Chefarzt}), (geheim, {Chefarzt, Arzt}), (vertraulich, ∅), (vertraulich, {Arzt, Schwester}), (vertraulich, {Schwester}), (vertraulich, {Verwaltung}), … }
  - (geheim, ∅) ≥ (vertraulich, ∅),
  - (vertraulich, {Arzt, Schwester}) ≥ (vertraulich, {Arzt})
  - ¬ ((vertraulich, {Schwester}) ≥ (vertraulich, {Verwaltung}))
  - ¬ ((vertraulich, {Schwester}) ≤ (vertraulich, {Verwaltung}))

BLP Zugriffsregeln

- Ziel: verhindere unzulässige Informationsflüsse
- Simple security / no-read-up
  - $s \in S$ darf zum Zeitpunkt t den Zugriff $a \in \{read, execute\}$ auf Objekt $o \in O$ durchführen, wenn $a \in M_t(s,o) \wedge sc(s) \geq sc(o)$
- $*$-Eigenschaft / no-write-down
  - $s \in S$ darf zum Zeitpunkt t den append Zugriff auf Objekt $o \in O$ durchführen, wenn $append \in M_t(s,o) \wedge sc(s) \leq sc(o)$
  - $s \in S$ darf zum Zeitpunkt t den read-write Zugriff auf Objekt $o \in O$ durchführen, wenn $read\text{-}write \in M_t(s,o) \wedge sc(s) = sc(o)$

Beispiel BLP Zugriffsregeln

- C1, C2, C3, C4 ∈ C
- C1 > C2 > C3 > C4
- s1, s2 ∈ S
- o1, o2, o3, o4, o5 ∈ O
- Zugriffe
  - app = append
  - r/w = read-write
  - r/o = read-only
  - ex = execute



Diskussion von BLP

- Information sammelt sich „oben“
  - vertrauenswürdige Subjekte (trusted subjects) dürfen ∗-Eigenschaft verletzen
- append wird Subjekt mit niedrigster Klassifikation nie verboten (außer über Zugriffsmatrix)
- Informationsfluss über verdeckte Kanäle (Existenz von Objekten)
- Modellierung unterschiedlicher Sitzungen/Rollen eine Teilnehmers zu unterschiedlichen Zeitpunkten
  - Chinese Wall Model

HW Kontrollmechanismen (MAC)

- privilegierter/nicht privilegierter Modus der CPU
  - privilegierte Instruktionen
  - Moduswechsel nur über spezielle Ereignisse (Unterbrechung, Systemruf) möglich
- Virtuelle Adressräume
  - Adressraumverwaltung nur im privilegiertem Modus möglich
- Unified Extensible Firmware Interface (UEFI) Secure Boot
- Trusted Platform Module (TPMs)
- Hardware Security Module (HSMs)

Traditionelle Unix-Zugriffskontrolle

- Discretionary Access Control (DAC)
- Jede Datei hat einen Besitzer und eine Gruppe
- Jeder Teilnehmer ist Mitglied einer oder mehrerer Gruppen (/etc/group)
- Jede Datei kennt drei Zugriffsarten: read, write, execute (r,w,x)
  - die jeweils für den Besitzer, die Gruppe der Datei oder alle Teilnehmer des Systems getrennt vergeben oder verwehrt werden
  - für Verzeichnisse beschreibt der execute Zugriff, den Durchgriff durch das Verzeichnis
- setuid und setgid Bits für ausführbare Dateien:
  - Prozess, der Datei ausführt, bekommt Dateibesitzer als effektive uid bzw Dateigruppe als effektive gid
- setgid Bit im Verzeichnis:
  - Dateien im Verzeichnis erben den Besitzer des Verzeichnisses
- sticky Bit im Verzeichnis:
  - Teilnehmer darf eine Datei in dem Verzeichnis nur dann löschen, wenn er Schreibzugriff auf das Verzeichnis hat und zusätzlich entweder Besitzer der Datei oder des Verzeichnisses ist oder Superuser ist.

NFSv4 ACLs

- Viele neue Unix System unterstützen NFSv4 Zugriffssteuerungslisten (access control lists, ACLs) via extended attributes
- z.B. AIX, FreeBSD, MAC OS X, Solaris (ZFS), Linux (Ext3, Ext4)
- ext3:
  - Montageoption „-o acl“
  - setfacl Werkzeug verwaltet ACLs
    - setfacl -m u:buendgen:rw /home/vorlesung/script.tex
  - getfacl zeigt ACLs

FLASK / SELinux

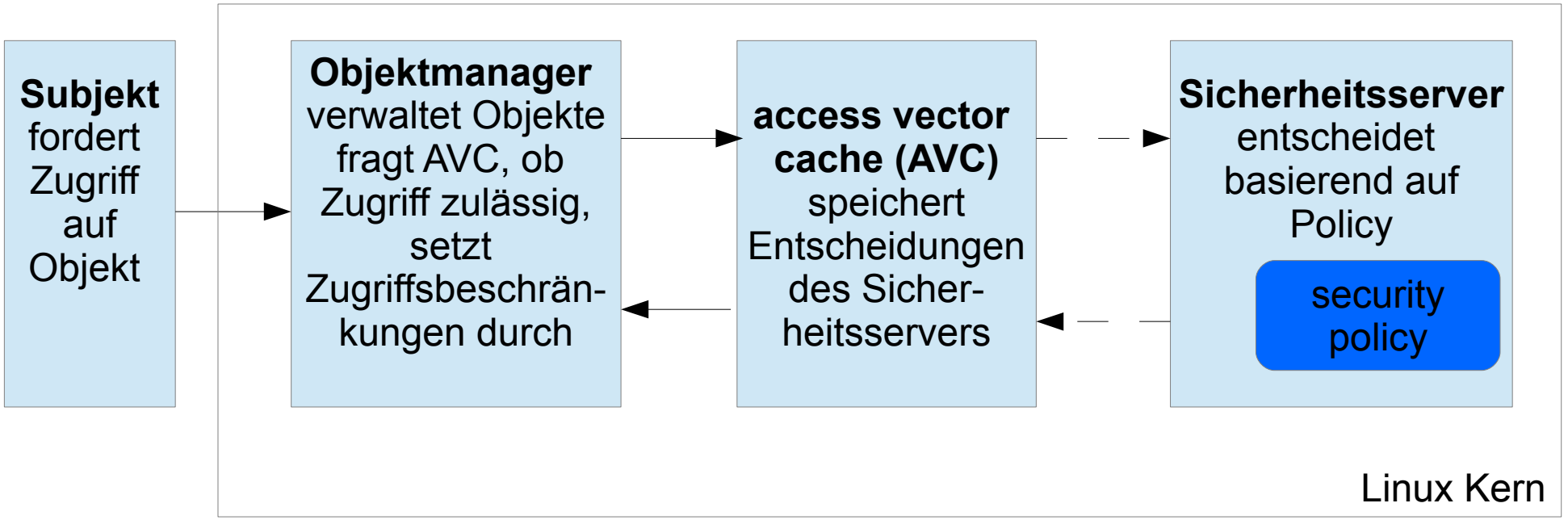
- Entwickelt von der NSA
- Flask / SELinux: http://www.nsa.gov/research/selinux/docs.shtml
- Unterstützte MAC Formen
  - Type Enforcement durch Regelwerk (policy) gesteuert
  - RBAC
  - Multi-Level Security (MLS) / Multi-Category Security (MCS) gemäß BLP

SELinux Komponenten

- Subjekte (Prozesse, Teilnehmer)
- Objekte (Prozesse, Dateien, Dateisysteme, Netzwerke, Ports, HW, …)
  - gehört zu einer Objektklasse, die die anwendbaren Zugriffstypen definiert (z.B. Klasse file: read, write, append, ...)
- Sicherheitskontext String der Form *user*:*role*:*type*[:*level*]
  - *user*: SELinux user ≠ Unix user, assoziiert mit einer oder mehreren SE Linux Rollen
  - *role*: SE Linux Rolle, assoziiert mit einem oder mehreren SE Linux Typen
    - nur für Prozesse relevant
    - alle Dateien haben die generische Rolle object_r
  - *type*: SE Linux Typ
    - für Subjekt: definiert auf welche Prozesse (domains) zugegriffen werden kann
    - für Objekt: definiert Zugriffsrechte des SELinux users auf Objekt
  - *level*: eine Sicherheitsklasse, oder ein Bereich von Sicherheitsklassen (BLP)

MAC-Durchsetzung im OS Kern

- Wird überprüft, wenn Zugriffsrecht gemäß Unix DAC gegeben
- Viel Systemrufe des Linux Kern sind mit „hooks“ für Linux Security Module (LSMs) instrumentiert
- SE Linux ist ein solches LSM
- Sicherheitsserver assoziiert Sicherheitskontexte aktiver Kernobjekte mit Sicherheits-Ids (SIDs)



Objektmarkierungen

- jedes Objekt hat eine Sicherheitsmarkierung (security label)
  - Sicherheitskontext bzw SID
- für neues Objekt erfragt Objektmanager eine Sicherheitsmarkierung vom Sicherheitsserver
- Markierungsentscheidung basiert auf
  - Markierung des erzeugenden Subjekts
  - Markierung eines verwandten Objektes
  - von der Klasse des erzeugten Objektes
  - Beispiel
    - `fd=open(„/home/buendgen/beispiel.txt“, …);`
    - Markierung von `fd` hängt ab von der Markierung des Prozesses, der open aufruft
    - von der Markierung der Datei `/home/buendgen/beispiel.txt`
    - von der Tatsache, dass `fd` zur Klasse file identifier gehört
  - Details der Entscheidung werden durch policies (oder Defaults) beschrieben
  - Sicherheitsmarkierungen von Dateiobjekten werden persistent in Dateisystem gespeichert

Zugriffsentscheidungen

- Zugriffsentscheidung
  - Paar von Sicherheitsmarkierungen
  - Pro Zugriffsart ist eine Zugriffsentscheidung nötig
  - Berechnete Zugriffsentscheidungen werden im AVC gespeichert
- Manche Operation umfassen mehrere Zugriffsarten (möglicherweise zwischen mehreren Objekten)
- Beispiel
  - die unlink(Datei) Operation benötigt die unlink Erlaubnis für die Datei und die remove_name Erlaubnis für das Verzeichnis, in der die Datei liegt

Zugriffserlaubnisse (Auswahl)

- Prozesse
  - transition of security label
  - entrypoint
  - execute
  - inherit open files
  - send signals
  - trace other processes
  - Prozessverwaltung: fork, wait, sched, setpgid, setpriority, …
- Netzwerk
  - communication between sockets
  - send/receive messages über Netzwerkschnittstellen
  - connectto / acceptfrom
  - port number association
- Dateisysteme/Dateien
  - mount
  - mounton
  - Dienste: statfs, creat, stat, link, rename, unlink, rmdir
  - append
  - write
  - add_name (Verzeichnis)
  - remove_name (Verzeichnis)
  - reparent

Ausgewählte Zugriffserlaubnisse (gemäß FLASK Paper*)

Call	Steuerunganforderungen			
	Klasse	**Erlaubnis**	**Source SID**	**Target SID**
fork	process	fork	current	current
execve	dir	search	current	path
	file	execute	current	file
	process	transition	current	new
	process	entrypoint	new	file
	process	execute	new	file
	process	ptrace	parent	new
	FD	inherit	new	FD
write	fd	setattr	current	fd
	file	write	current	file
	file	append	current	file
connect	socket	connect	current	client so
	socket	connectto	client so	server so
	netif	tcp_send	client so	netif
	node	tcp_send	client so	node
	netif	tcp_recv	server so	netif
	node	tcp_recv	server so	node

*) Loscocco & Smalley „Integrating Flexible Support for Security Policies into the Linux Operating System“, 2001

Policy-Sprache (Ausschnitt)

Regeln

- Typübergang (type transition) für Prozesse:
  - `type transition` t1 t2: process t3
  - Prozess vom Typ t1, der Programm vom Typ t2 ausführt, erhält den Typ t3
- TE-Zugriffsvektorregeln
  - `allow` t1 t2 : c p
  - Subjekt vom Typ t1 hat Erlaubnis p auf Objekte der Klasse c und des Typs t2
- Rollendominanz
  - `dominance` {r1, r2,, ...}
- Rollenübergang
  - `allow` r1 r2

Zusicherungen

- TE Zugriffsvektorzusicherungen
  - `neverallow`

Nebenbedingungen (Constraints)

- `constrain` c p e
- Subjekte der Klasse c bekommen die der Erlaubnis p nur wenn die Bedingung e erfüllt ist

Anzeigen der SELinux Konfiguration

SELinux Modi: enforcing, permissive, disabled

Dateien

```
# ls -Z file1

-rw-rw-r--  user1 group1 unconfined_u:object_r:user_home_t:s0 file1
```

Prozesse

```
# ps -eZ
system_u:system_r:dhcpc_t:s0             1869 ?  00:00:00 dhclient
system_u:system_r:sshd_t:s0-s0:c0.c1023  1882 ?  00:00:00 sshd
system_u:system_r:gpm_t:s0               1964 ?  00:00:00 gpm
```

Zuordung von Linux Teilnehmern zu SELinux usern

```
# semanage login -l
Login Name                SELinux User              MLS/MCS Range
__default__               unconfined_u              s0-s0:c0.c1023
root                      unconfined_u              s0-s0:c0.c1023
system_u                  system_u                  s0-s0:c0.c1023
```