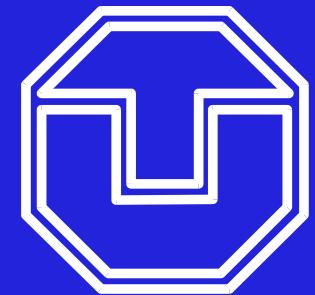


Sicherheits- mechanismen

Betriebssysteme

Hermann Härtig
TU Dresden



Wegweiser

Wiederholung: Grundlagen

- Begriffe
- **Was** soll **wovor** geschützt werden
(Schutzziele, Angriffsmodelle)

Konstruktion sicherer Systeme

- Prinzipien
- Sicherheit und Systemarchitektur

Begriffe

- Sicherheit (**Safety**):
Schutz von Menschen vor Fehlern, Störungen, Ausfällen, bei Katastrophen
- Sicherheit (**Security**):
Schutz von Menschen und Rechnern vor intendierten Fehlern: Angriffen
- Fehlertoleranz (Fault Tolerance):
(Selbst-) Schutz von Systemen bei Ausfällen und Entwurfsfehlern
- Verlässlichkeit (Dependability, Robustness):
Oberbegriff für Sicherheit und Fehlertoleranz
- Protection (mechanism):
Schutz (-mechanismen)
- security policies („Sicherheitsstrategien“):
definieren die Schutzziele für (eine Menge von) Anwendungen

Schutzziele

Benutzer (Menschen/Organisationen/ ...) definieren Sicherheitsstrategien in Bezug auf die Schutzziele:

- Vertraulichkeit (confidentiality)
Schutz vor unbefugter Weitergabe von Information
- Integrität (integrity)
Schutz vor unbemerkt, unbefugter Manipulation
- Wiederherstellbarkeit (Recoverability)
Schutz vor vollständigem Verlust
- Verfügbarkeit (availability)
Zeitliche Zusagen für den Zugang zu einer Leistung
quantitative Größe
- Verbindlichkeit
- Anonymität

Schutzziele

Integrität

- entweder Information ist aktuell, intakt und vollständig oder
 - es ist möglich zu entdecken, dass diese Eigenschaften nicht erfüllt sind
- wichtig:
Integrität vs. Wiederherstellbarkeit vs. Verfügbarkeit
z.B.: mittels kryptographischer Verfahren kann man die Integrität von Botschaften in einem offenen Netz gewährleisten, nicht aber vor deren Verlust schützen

Angriffe und Aufwand

- Effektiver Schutz erfordert klare Vorstellung über Angriffe und deren Aufwand, die man abwehren können möchte.
- Kosten und Nutzen für Schutzmaßnahmen müssen in sinnvoller Relation stehen.
- Cormac Herley: skalierbare und nicht-skalierbare Angreifer
- Schutzziele sind manchmal (zu Recht) anderen Erwägungen untergeordnet.

Wegweiser

Wiederholung: Grundlagen

- Begriffe
- **Was** soll **wovor** geschützt werden
(Schutzziele, Angriffsmodelle)

Konstruktion sicherer Systeme

- Prinzipien
- Sicherheit und Systemarchitektur

Konstruktion sicherer Systeme

Entwurfsprinzipien – SALTZER und SCHRÖDER (schon 1975!)

- Prinzip der geringst-möglichen Privilegierung
- nur die Rechte einräumen, die für die zu erbringende Funktionalität erforderlich sind
 - Verbot als Normalfall
 - Whitelisting vs. Blacklisting
 - Gegenbeispiel: Unix „root“
- Sichere Standardeinstellungen („fail-safe defaults“)
- Separierung von Privilegien (Separation of duty)
 - mehrfache Bedingungen für die Zulassung einer Operation

Konstruktion sicherer Systeme

So einfach wie möglich

- reduziert Fehlermöglichkeiten bei Implementierung und Einsatz

Offenheit

- Sicherheit darf nicht auf der Geheimhaltung von Entwurf und Implementierung basieren
- Psychologisch akzeptabel

Konstruktion sicherer Systeme

Vollständige Kontrolle (complete mediation):

- jeder Aktion, die potentiell ein Schutzziel verletzt, sollte kontrolliert werden
- Gegenbeispiel: Zugriff auf offene Unix Dateien
- Aktualität von Prüfungen
TOCTTOU: time of check to time of use

Sicherheit und Systemebenen

Umgebung: physische Sicherung

HW: Adressraumseparierung und User/Kernel-Modi

BS-Basis: Kapselung von Prozessen

Mechanismen:
(lokal) Authentifikation,
ACLs und Capabilities

Benutzer/Administration: Einsatz der Mechanismen

Authentifikation von Benutzern

Überprüfung der Identität eines Benutzers

- Passwörter
 - unsicher
 - Standardweg für Einbrüche
- mögliche Verbesserungen
 - Zurückweisung bestimmter Passwörter
→ mindestens ein Sonderzeichen, keine Eigennamen
 - System generiert Passwörter („access token“)
 - Festlegung und Durchsetzung einer maximalen Gültigkeitsdauer
 - nur einmal benutzbare Passwörter

Weitere Authentifikationstechniken

- Chipkarten (Smart Cards)
 - Überprüfung der Identität der Chipkarte
 - Überprüfung der Identität des Besitzers durch „PIN“
- Überprüfung physischer Merkmale (Biometrie)
 - Fingerabdrücke
 - Stimm-Analyse
 - Unterschriftenprüfung
(Druckschwankungen, Bewegungsablauf)

Sicherheitsakteure

Benutzer:

- erzeugen Prozesse und lassen sie für sich arbeiten
- speichern langlebige Daten in Dateien/Dokumenten/ Speicherobjekten
- steuern die Zugriffsrechte auf Objekte

Entwickler:

- schreiben Anwendungen, welche die Benutzer installieren
- wissen welche Ressourcen ihren Anwendungen im Normalbetrieb benötigen
- jede Anwendung ist ein potentielles Sicherheitsrisiko

Kapselung der Adressräume von Prozessen

hardwarebasiert:

- Kernel/User-Mode und Adressräume
- Beispiele:
Windows, Linux, L4, ...

sprachbasiert:

- alles in einer sicheren HLL
- Beispiele:
Burroughs 1700, 5500, (1975 ff)
Microsoft Singularity
Oberon

Prozesse und ihre Interaktion

Grundsätzliche Annahme:

Prozesse versuchen nicht erlaubte Operation durchzuführen

- Dateien lesen/schreiben
- Ressourcen benutzen (z.B. Netzwerk)
- Informationen austauschen

Fragestellungen:

- Wie legt man Rechte fest?
- Wie setzt man deren Einhaltung durch?

Subjekte und Objekte

Operation(Subjekt, Objekt) zulässig?

Subjekte:

Prozesse

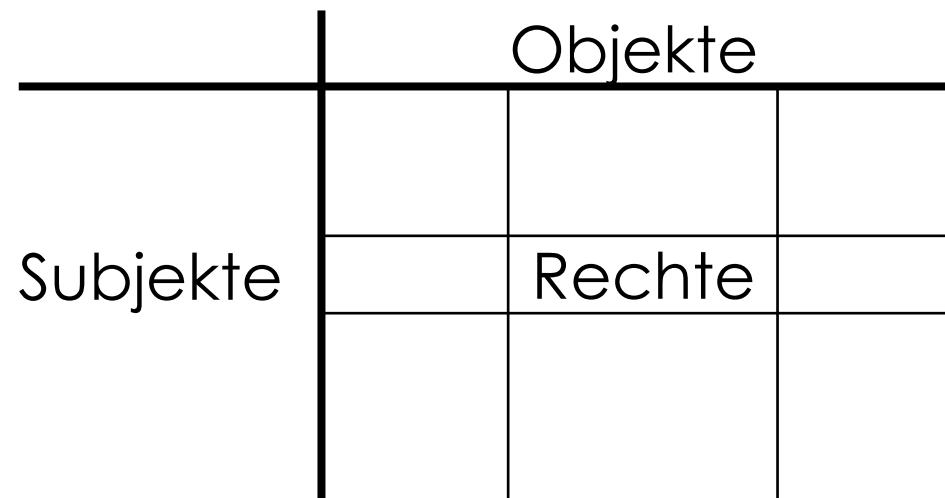
Objekte:

Dateien, Geräte,
Prozesse, Kommunikationskanäle,
physischer Speicher, virtueller Speicher;
Bankkonten, ...

Operationen:

Lesen, Schreiben, Löschen, Ausführen;
Einzahlen, Abheben, ...

Schutzmatrix



Operation(Subjekt, Objekt) zulässig?

Ausprägungen der Schutzmatrix

spaltenweise: **ACL – Access Control List**

- bei jedem Zugriff wird beim Objekt auf der Basis der Identität des Absenders dessen Berechtigung geprüft

zeilenweise: **Capabilities**

- bei jedem Zugriff wird etwas geprüft, was Subjekte besitzen und bei Bedarf weitergeben können

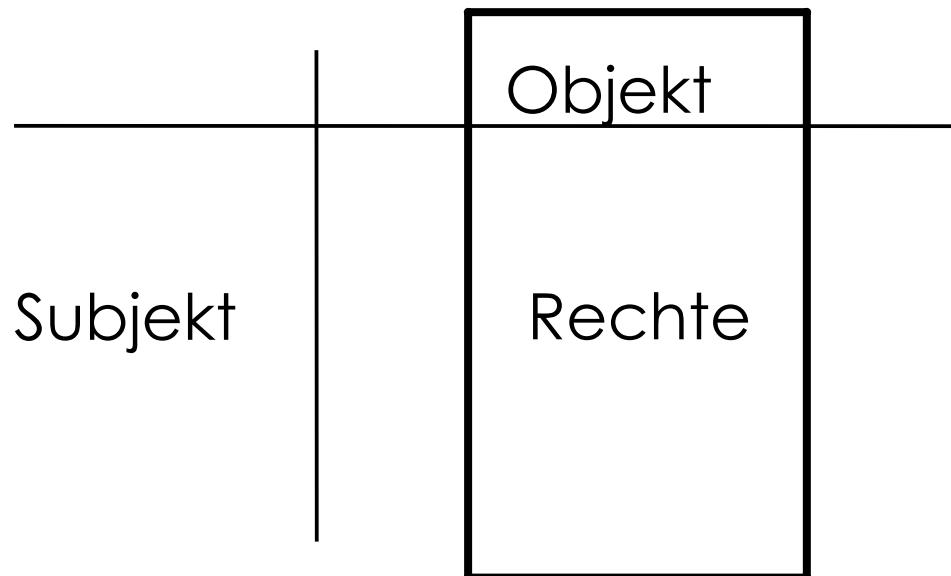
regelbasiert („mandatory access control“):

- bei jedem Zugriff werden Regeln ausgewertet

Schutzmatrix spaltenweise: ACL

Spaltenweise Darstellung: Access Control Lists

- Festlegung für jedes Objekt, „was welches Subjekt damit tun darf“



Einfaches Modell: Datei- und Prozess-Attribute

- 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: UserId
 - Attribute von Dateien: OwnerId

Schutzmatrix :

	File1	File2	File3	File4	File5	File6	File7	File8
User1								
User2								
User3			read					
User4								

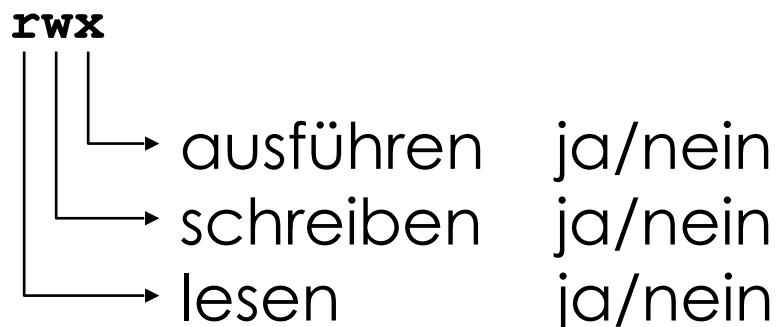
ACLs in Unix

Unix: rudimentäre Zugriffssteuerlisten

- Prozess: UserId, GroupId
- Datei: Owner, Group
- Rechte in Bezug auf Owner, Group, Others

Rangliste.dat		
rw-	r--	---
		Others
		Group: Schach
		Owner: Heini

Dateiattribute:



Rechte-Änderung per SETUID: Unix

Beispiel

- Rangliste : /usr/henrike/spiele/schach/Rangliste
- Programm: /usr/henrike/bin/spiele/Schach
- jeder Spieler soll seine Ergebnisse selbst in die Rangliste eintragen können

1. Erster Versuch:

alle haben Schreibrecht → zu viele Rechte
(funktioniert nicht)

2. SetUID:

nur Henrike hat Schreibrecht;

Schachprogramm: „setuid“:

sobald ein Prozess das Schachprogramm aufruft,
erhält es als UserId den Owner des Schachprogramms

→ Praktische Erfahrung: immer noch zu viele Rechte !!!

Access Control Lists (Zugriffssteuerlisten)

Setzen der ACLs darf,

- wer einen ACL Eintrag für dieses Recht hat
- Erzeuger

Multics

File 0 (Jens, *, RWX)

File 1 (Jens, system, RWX)

File 2 (Jens, *, RW-), (Else, staff, R --), (Meike, *, RW-)

File 3 (*, student, R--)

File 4 (Paul, *, ---), (*, student, R--)

Windows NT

Objekt: allow, deny
full control, modify, read&execute, ...

ACL und Schutz vor trojanischen Pferden

App-Sandbox in Android

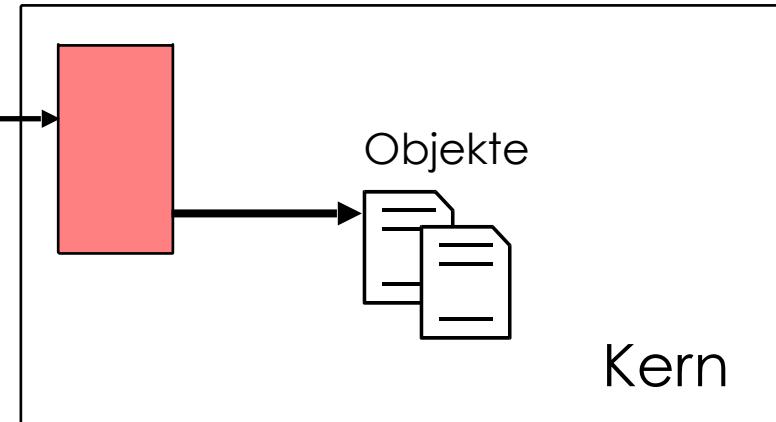
- erzeuge eine neue Benutzerkennung
- füge für neuen Benutzer genau die ACLs ein, die für die Funktion des Programms nötig sind
- starte das Programm mit der Nutzerkennung des neuen Nutzers

Durchsetzung von ACLs

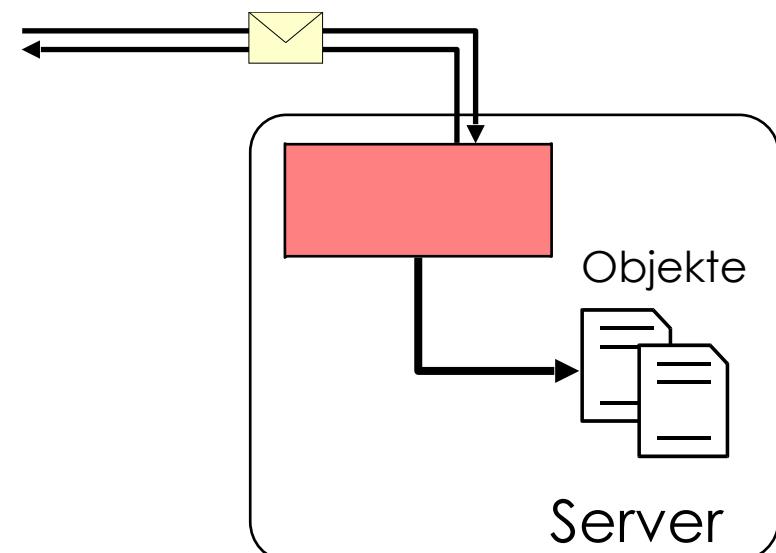
Kapselung der ACLs

1. durch eine vertrauenswürdige Einheit, an der man nicht vorbeigehen kann:
 - Unix: der Kern
 - WinNT: Security Manager
2. durch die Server, die Objekte implementieren

`open()`



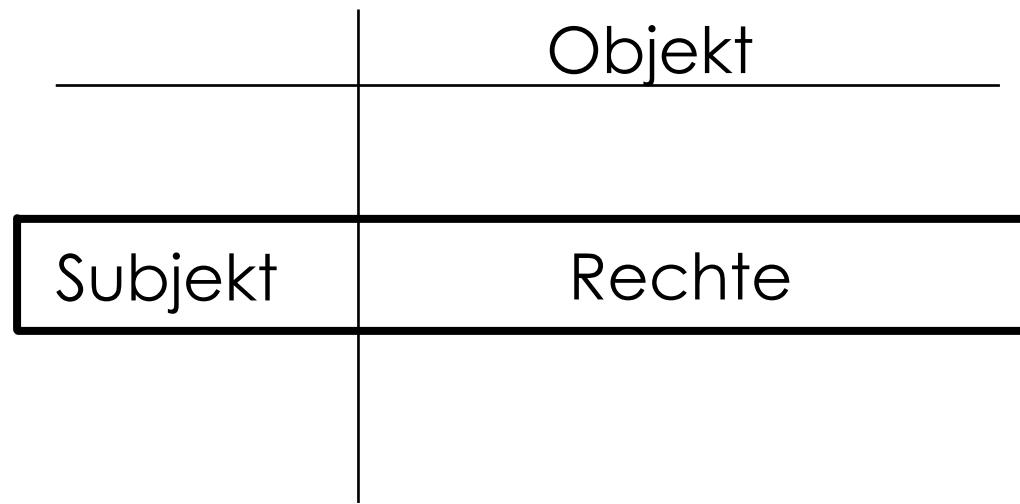
Botschaften



Schutzmatrix zeilenweise: Capability

Zeilenweise Darstellung: Capability

- Festlegung für jedes Subjekt,
„wie es auf welche Objekte zugreifen darf“



Capabilities

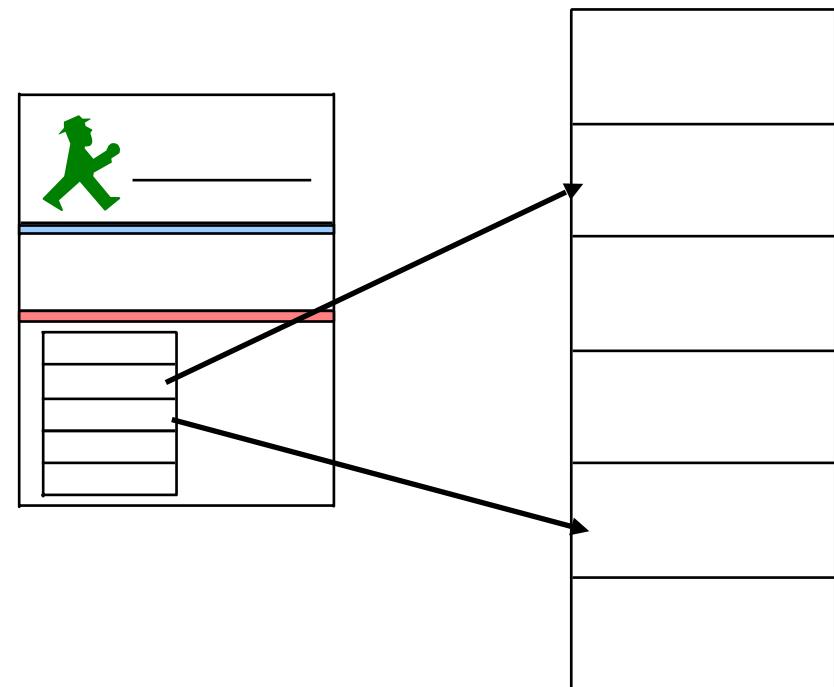
Prozesse:

- array von Capabilities
- Zugriffs auf Objekte durch Index in array

Capability:

- Pointer auf Objekt
- Rechte

Prozesse können capabilities weitergeben



Beispiel für Capabilities

- Rudimentäre Form: Unix Filedeskriptoren
- Weitergabe nur durch „FORK“ Operation

Prozessleitblock

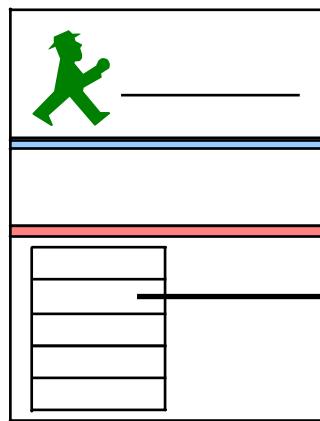
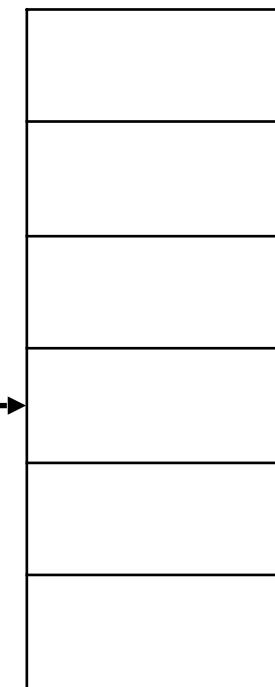


Tabelle offener Dateien



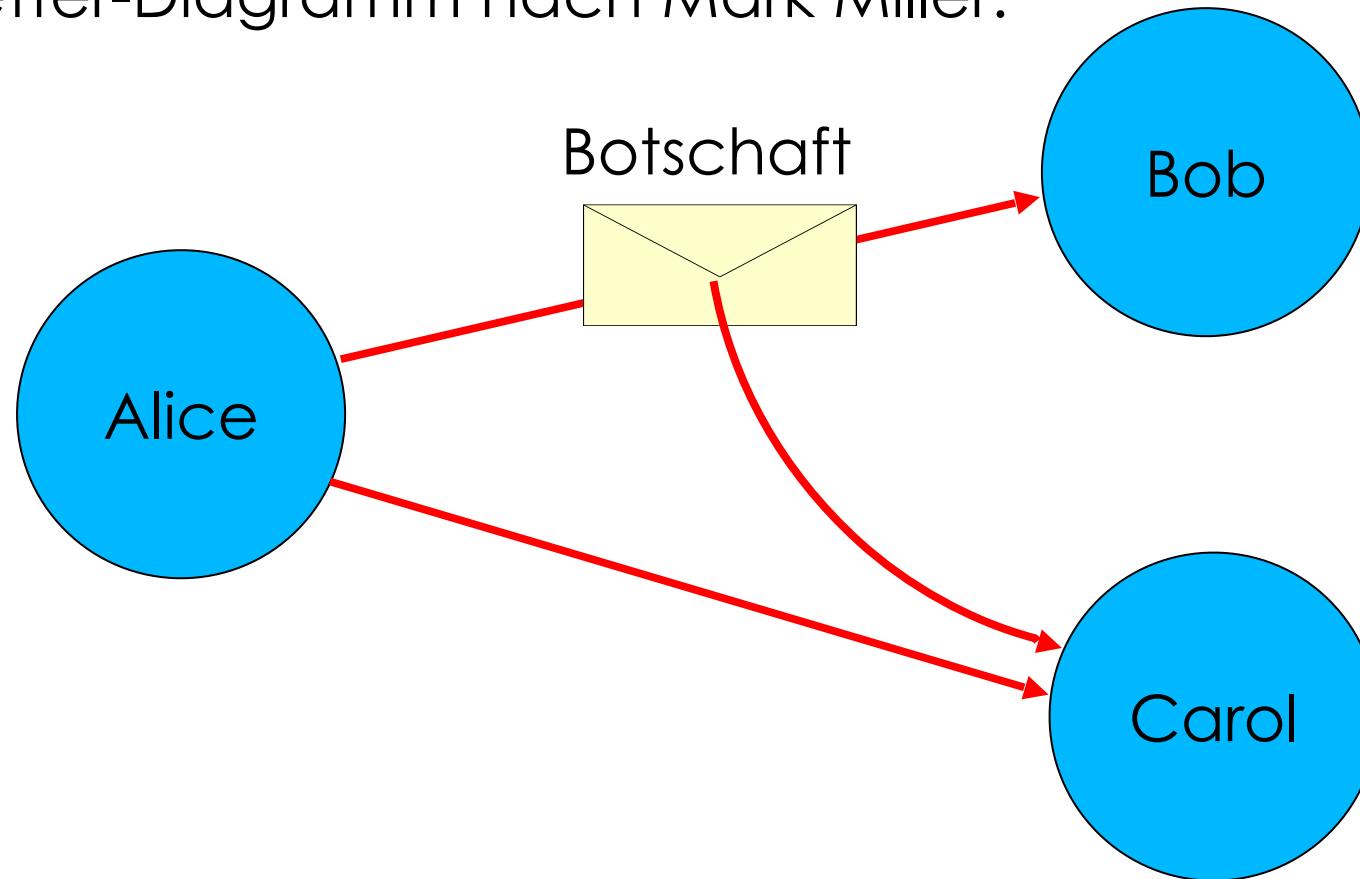
Rechte-Änderungen bei Capabilities

Weitergabe durch Botschaften

Entzug ??

z.B.: Aufgabe von Namensdiensten

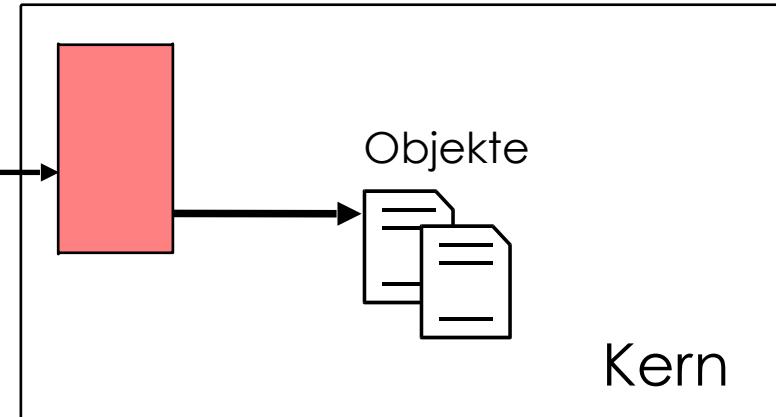
Granovetter-Diagramm nach Mark Miller:



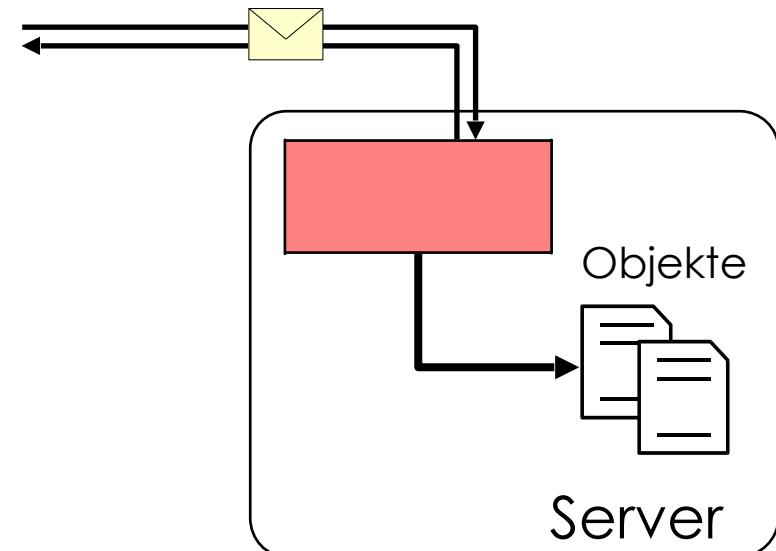
Durchsetzung von Capabilities

Kapselung der Capabilities

1. durch eine vertrauenswürdige Einheit, an der man nicht vorbeigehen kann:
 - Betriebssystem-Kern
z.B. Keykos, Eros, L4
 - Hardware (Tags)
z.B. Burroughs 5500, rudimentär
2. durch die Server,
die Objekte implementieren,
und kryptographische Verfahren
z.B. Amoeba



Botschaften

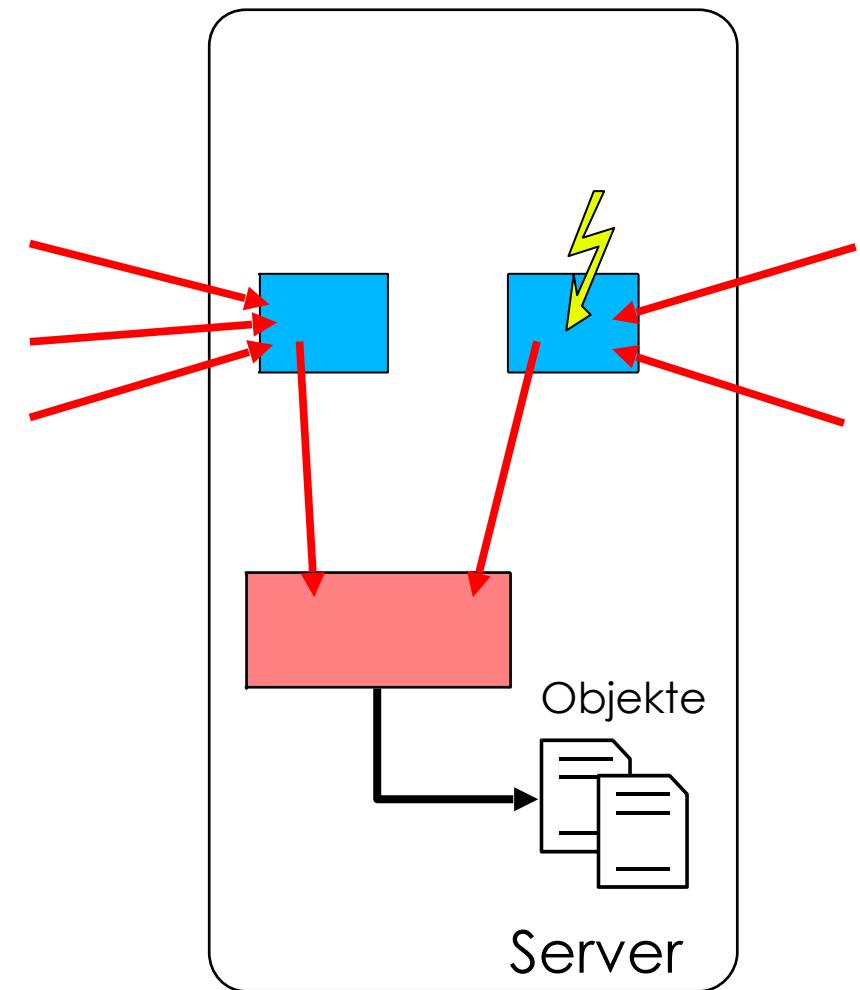


Entzug von Capabilities

- durch Buchführung
- nur durch Indirektion
EROS, Keykos, Amoeba

viele weitere Fragestellungen
zu Capabilities

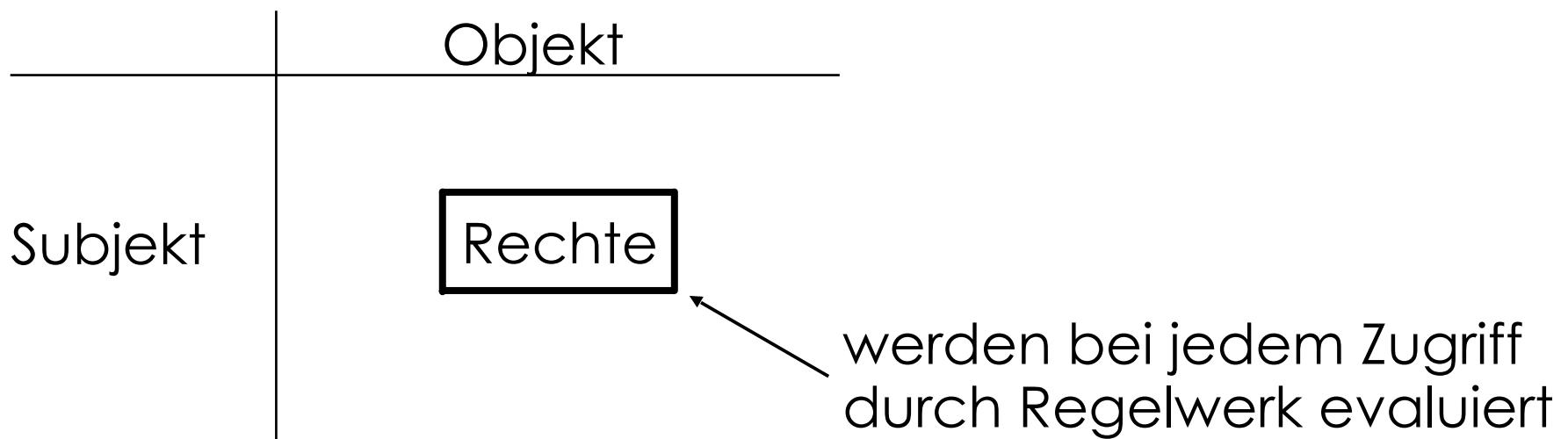
→ Distributed OS (Sommersem.)



Schutzmatrix regelbasiert

Mandatory Access Control (Regelbasierte Zugriffssteuerung)

- Konzept:
Subjekte und Objekte haben Attribute („labels“)
Entscheidung über Zugriff anhand von Regeln
- Implementierung:
sog. Sicherheitskerne



Beispiel „Multilevel Security“ (Militär)

Einstufung von Personen und Dokumenten

- in eine Sicherheitsebene
 - z. B. {normal, vertraulich, geheim, streng geheim}
 - in eine oder mehrere Kategorien
 - z.B. {Nato, Atom, Crypto}
- z. B. (geheim; Nato, Atom, Crypto)

Begriffe

- Personen – clearance
- Dokumente – classification

Multilevel Security

Vorschrift 1: Sicherheitsebene (X,Y)

- Sicherheitsebenen sind geordnet
- X mindestens auf gleicher Sicherheitsebene wie Y

Vorschrift 2: Kategorien (X,Y)

- Kategorien sind unabhängig voneinander
- X muss alle Kategorien haben, die auch Y hat

Kombination von Sicherheitsebene und Kategorie:

Vorschrift 1(X,Y) und Vorschrift 2(X,Y) → X „dominiert“ Y

Beispiel

Dokument (geheim; Nato, Atom)

Person 1: (geheim; Nato, Atom, Crypto)

Person 1 dominiert Dokument, da

$$\text{geheim} \geq \text{geheim}$$

UND $\{\text{Nato, Atom, Crypto}\} \supset \{\text{Nato, Atom}\}$

Person 2: (streng geheim; Nato, Crypto)

Person 2 dominiert Dokument nicht, da

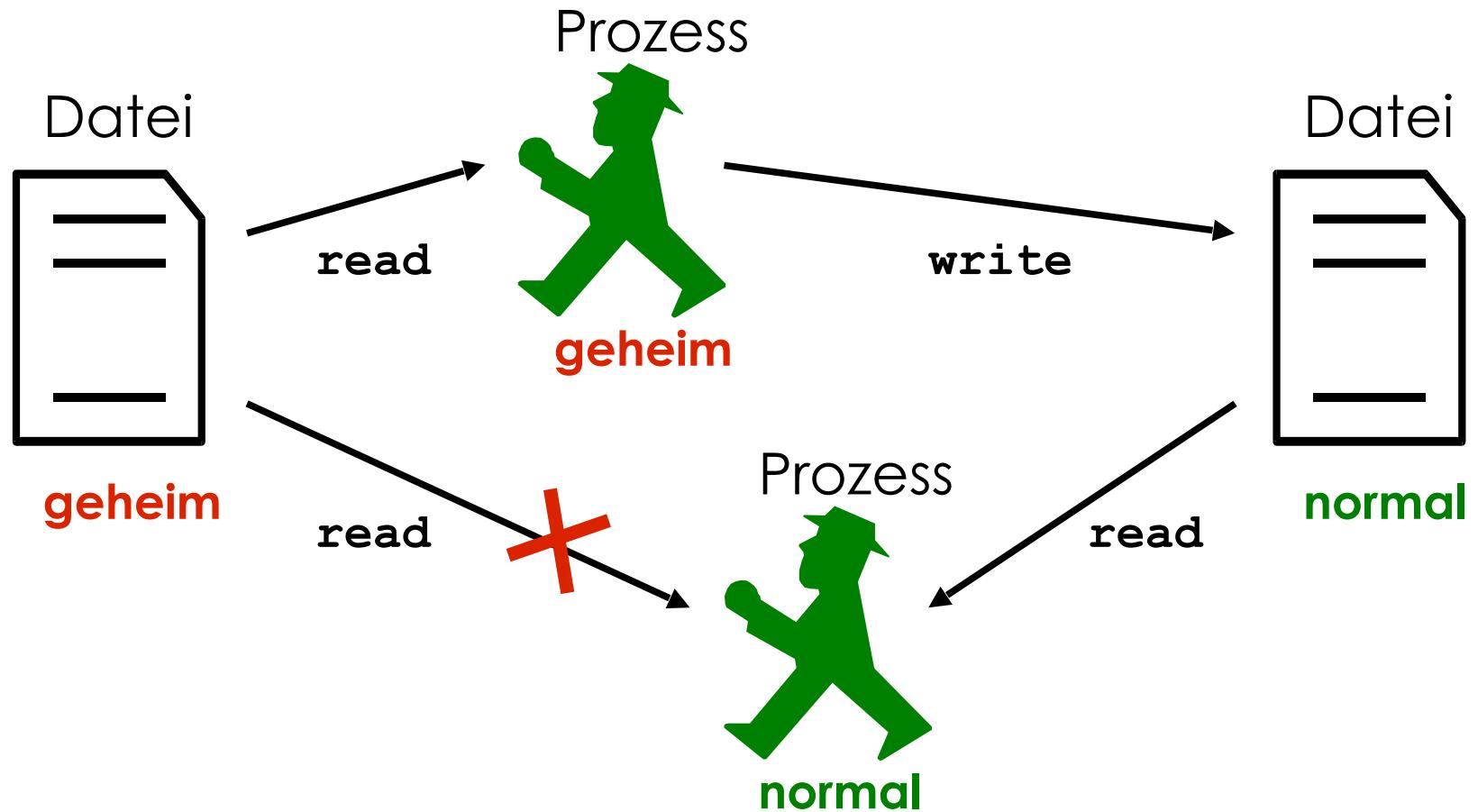
$$\neg (\{\text{Nato, Crypto}\} \supset \{\text{Nato, Atom}\})$$

Regeln der Multilevel Security

Regel 1: „Simple Security“

Ein Subjekt darf **lesend** auf ein Objekt nur dann zugreifen, wenn die Einstufung des Subjekts die des Objekts dominiert.

Problem



aber: als geheim eingestufter Prozess kann Informationen an Datei weitergeben, die als normal eingestuft ist
→ zusätzliche Regel (*-property)

Regeln der Multilevel Security

Regel 1: „Simple Security“

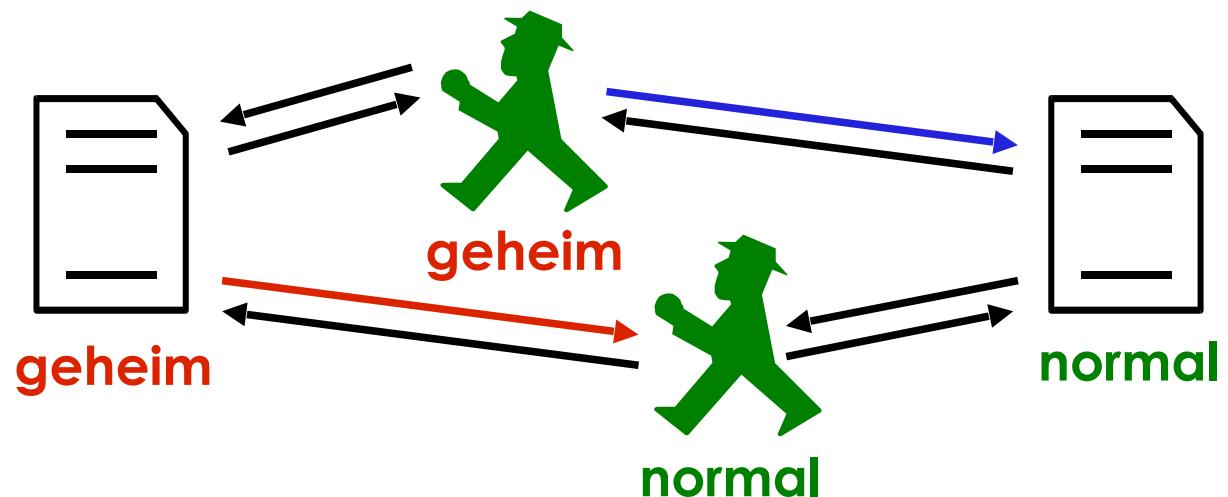
Ein Subjekt darf **lesend** auf ein Objekt nur dann zugreifen, wenn die Einstufung des Subjekts die des Objekts dominiert.

Regel 2: „*-Property, Confinement Property“

Ein Subjekt darf **schreibend** auf ein Objekt nur dann zugreifen, wenn die Einstufung des Subjekts von der des Objekts dominiert wird.

→ Simple Security
Verletzung

→ Confinement Property
Verletzung



Formale Sicherheitsmodelle

Postulate

- präzise und eindeutige Beschreibung
- weitgehende Beschränkung auf Sicherheitseigenschaften

Modell

- Satz von Regeln
 - Satz von Operationen im Kontext eines Betriebssystems
z. B. erzeuge, lies, schreibe, ändere Attribut,...

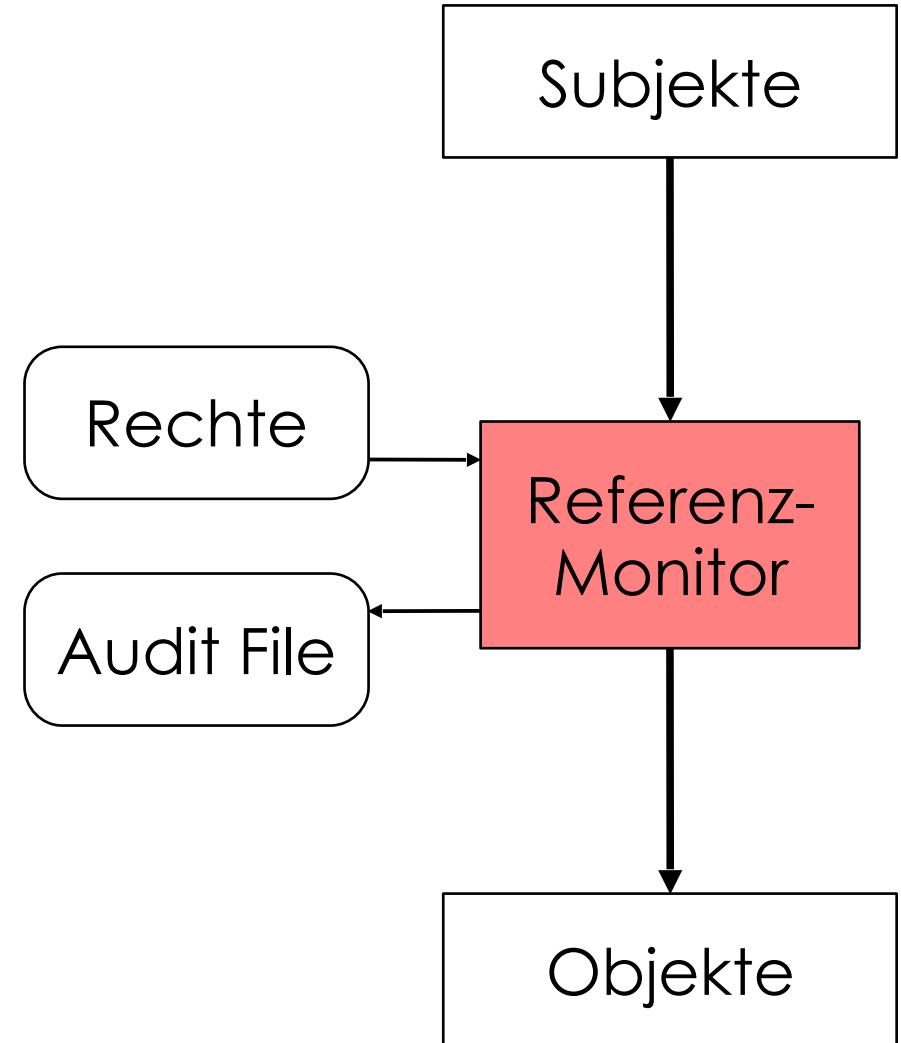
Ziel: Beweis

- jede Folge von Operationen führt einen sicheren, d.h. den Regeln entsprechenden Zustand wieder in einen sicheren Zustand über
- Implementierung durch Betriebssystem entspricht Modell

Durchsetzung: Referenzmonitor/Sicherheitskern

Prinzipien

- Vollständigkeit
kein Subjekt darf auf Objekt unter Umgehung des Referenzmonitors zugreifen
- Isolation
keine Modifikation des Referenzmonitors
- Verifizierbarkeit
 - Code Inspektion
 - Test
 - formale Beweise



Moderne MAC-Implementierungen

- SELinux, AppArmor
 - komplexe Regelsätze, schwer zu überblicken
- TrustedBSD, Apple Seatbelt
 - Grundlage für die **App Sandbox** in iOS und OS X
- Windows 8 App Container

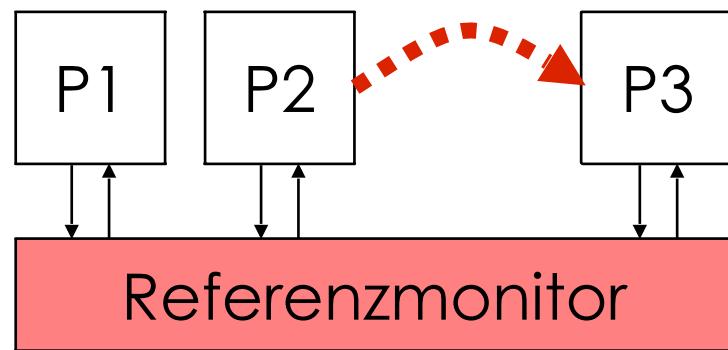
Kombination von **Entwicklerwissen** und **Nutzerinteressen**:

- Entwickler beschreibt über **Manifest**, was die Anwendung im Normalfall benötigt
- System setzt diese Beschränkungen durch
- auch bei einem Angriff werden nicht mehr Rechte erlangt
- Nutzer kann durch **ACLs** seine Dokumente verwalten

Aber: Verdeckte Kanäle (Covert channels)

Informationsfluss an veröffentlichten, durch Schutzmechanismen überwachten Schnittstellen vorbei

- also etwa Info von P2 an P3, obwohl von P2 nach P3 keine Info fließen darf



Speicherbasierte verdeckte Kanäle

“Covert Storage Channels”

Notation für Beispiele im Folgenden

- ein Prozess sendet,
- ← ein anderer Prozess empfängt

Beispiele

- Dateinamen und Attribute
 - neuer Dateiname mit n Zeichen
 - ← Lesen des Verzeichnisses
- Bandbreite: n Zeichen (pro Op)
- einfach zu eliminieren (keine Leserechte für Verzeichnis)

Zeitbasierte verdeckte Kanäle

“Covert Timing Channels”

- Anteil an CPU für einen Prozess
 - rechenintensiv/nicht rechenintensiv im Sekundenabstand
 - ← Beobachtung, wie hoch der eigene Anteil
- Bandbreite: ca. 1 Bit pro Sec
- Voraussetzung: genaue Zeitmessung
- Gegenmaßnahme:
 - Ausschaltung des Zugriffs auf Uhren inklusive timeouts
 - absichtliche Ungenauigkeit von Uhren

Weitere Beispiele

- Steganografie nutzt verdeckte Kanäle
- Stromverbrauch
- Sensoren und physikalische Kanäle

Zusammenfassung

- Schutzziele
- Konstruktionsprinzipien für sichere Systeme
- Schutzmatrix
- ACLs
- Capabilities
- Regelbasierte Zugriffssteuerung
- Verdeckte Kanäle