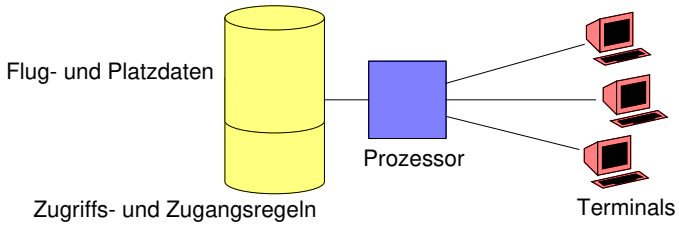
I Datensicherheit und Zugriffschutz

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

I Datensicherheit und Zugriffsschutz

1 Problemstellung

- Beispiel: Zugang zu einer Datenbank zur Flugreservierung und -buchung

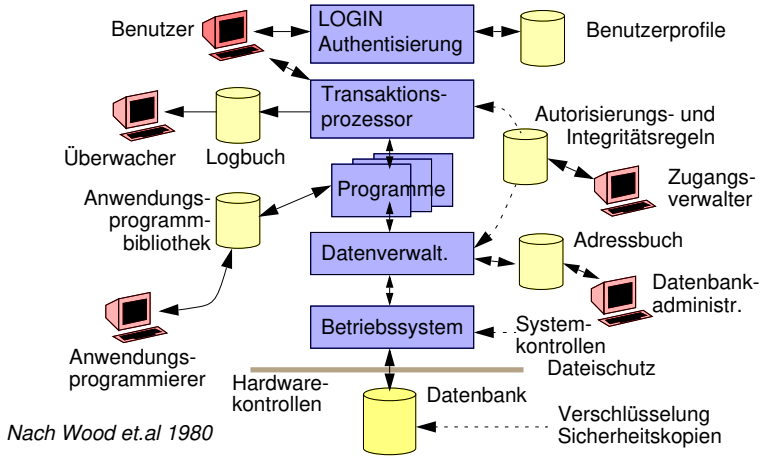


◆ Was sind mögliche Beeinträchtigungen der Datensicherheit?

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Problemstellung (2)

- Überprüfungen beim Transaktionsbetrieb (Datenbankanwendung)



Nach Wood et.al 1980

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Problemstellung (3)

- Illegaler Datenzugriff
  - ◆ Daten sind zugreifbar, die vertraulich behandelt werden sollen
- Illegales Löschen von Daten
  - ◆ Kein Zugriff, aber Daten werden gelöscht
- Illegales Manipulieren von Daten
  - ◆ Daten werden in böswilliger Absicht verändert
- Zerstörung von Rechensystemen
  - ◆ physisches Zerstören von Teilen der Rechenanlage

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.1 Umgebung der Rechenanlage

- Naturkatastrophen
  - Erdbeben, Vulkanausbrüche etc. können Rechenanlage und Datenbestand zerstören
- Unfälle
  - Gasexplosion, Kühlwasserlecks in der Klimaanlage oder Ähnliches zerstören Rechner und Daten
- Böswillige Angriffe
  - Zerstörung der Rechenanlage und des Datenbestands durch Sabotage (Bombenanschlag, Brandanschlag etc.)
- Unbefugter Zutritt zu den Räumen des Rechenzentrums
  - Diebstahl von Datenträgern
  - Zerstörung von Daten
  - Zugang zu vertraulichen Daten

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.2 Systemsoftware

- Versagen der Schutzmechanismen
  - System lässt Unbefugte auf Daten zugreifen oder Operationen ausführen
- Durchsickern von Informationen
  - Anwender können anhand scheinbar unauffälligen Systemverhaltens Rückschlüsse auf vertrauliche Daten ziehen *(Covert channels)*
- Beispiel: verschlüsselt abgespeicherte Passwörter sind zugänglich
  - Entschlüsselungsversuch der Passwörter außerhalb der Rechenanlage
  - "Wörterbuchattacke": Raten von Passwörtern möglich

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.3 Systemprogrammierer

- Umgehen oder Abschalten der Schutzmechanismen
- Installation eines unsicheren Systems
  - erlaubt dem Systemprogrammierer die Schutzmechanismen von außen zu umgehen
- Fehler beim Nutzen von Bibliotheksfunktionen innerhalb sicherheitskritischer Programme
  - S-Bit Programme unter UNIX laufen mit der Benutzerkennung des Dateibesitzers, nicht unter der des Aufrufers
    - Fehlerhafte S-Bit Programme können zur Ausführung von Code unter einer fremden Benutzerkennung gebracht werden
    - S-Bit Programme mit "root-Rechten" besonders gefährlich

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.3 Systemprogrammierer (2)

- Buffer-Overflow Fehler bei Funktionen
  `gets(), strcpy(), strcat(), sprintf( "%s",..)`
  - Zu lange Eingaben überschreiben den Stackspeicher des Prozessors
  - Mit genauer Kenntnis ist das Ausführen beliebigen Codes erzwingbar
- Fehlerhafte Parameterprüfung beim Aufruf von Funktionen
  `system()`
- Beispiel: Löschen einer Datei
  - Name der Datei wurde in Variable **`file`** eingelesen
  - Aufruf von **`system`** mit Parameter **`strcat( "rm ", file)`**
  - Gibt man für den Dateinamen den String
    `"fn ; xterm -display myhost:0 &"`
    ein, bekommt man ein Fenster auf der aufgebrochenen Maschine

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.4 Rechnerhardware

- Versagen der Schutzmechanismen
  - erlauben nicht-autorisierten Zugriff
- Fehlerhaft Befehlsausführung
  - Zerstörung von wichtigen Daten
- Abstrahlungen
  - erlaubt Ausspähen von Daten

1.5 Datenbasis

- Falsche Zugriffsregeln
  - erlauben nicht-autorisierten Zugriff

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.6 Operateur

- Kopieren vertraulicher Datenträger
- Diebstahl von Datenträgern
- Initialisierung mit unsicherem Zustand
  - Operateur schaltet beispielsweise Zugriffskontrolle ab
- Nachlässige Rechnerwartung
  - Nachbesserungen der Systemsoftware *(Patches)* werden nicht eingespielt
    - Sicherheitslücken werden nicht gestopft

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.7 Sicherheitsbeauftragter

- Fehlerhafte Spezifikation der Sicherheitspolitik
  - dadurch Zugang für Unbefugte zu vertraulichen Daten oder
  - Änderungen von Daten durch Unbefugte möglich
- Unterlassene Auswertung von Protokolldateien
  - Einbrüche und mögliche Sicherheitslücken werden nicht rechtzeitig entdeckt

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.8 Kommunikationssystem

- Abhören der Kommunikationsleitungen *(Sniffing)*
  - z.B. Telefonverbindung bei Modemnutzung oder serielle Schnittstellen
  - z.B. Netzwerkverkehr auf einem Netzwerkstrang
  - Ermitteln von Passwörtern und Benutzerkennungen
    - manche Dienste übertragen Passwörter im Klartext (z.B. ftp, telnet, rlogin)
  - Zugriff auf vertrauliche Daten
  - unbefugte Datenveränderungen
    - Verfälschen von Daten
    - Übernehmen von bestehenden Verbindungen *(Hijacking)*
    - Vorspiegeln falscher Netzwerkadressen *(Spoofing)*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.8 Kommunikationssystem (2)

- Illegale Nutzung von Diensten über das Netzwerk
  - Standardsysteme bieten eine Menge von Diensten an (z.B. ftp, telnet, rwho u.a.)
  - Sicherheitslücken von Diensten werden publik gemacht und sind auch von "dummen" Hackern nutzbar *(Exploit scripts)* http://www.rootshell.org
  - Auch bei temporär am Netzwerk angeschlossenen Computern eine Gefahr
    - z.B. Linux-Maschine mit PPP-Verbindung an das Uni-Netz
    - Voreinstellungen der Standardinstallation meist unsicher

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.9 Terminal

- Ungeschützter Zugang zum Terminal
  - Nutzen einer fremden Benutzerkennung
  - Zugriff auf vertrauliche Daten
  - unbefugte Datenveränderungen

1.10 Benutzer

- Nutzen anderer Kennungen
  - erlauben nicht-autorisierten Zugriff
  - unbefugte Datenveränderungen
  - unbefugte Weitergabe von Informationen
- Einbruch von Innen
  - leichterer Zugang zu möglichen Sicherheitslöchern (z.B. bei Diensten)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.11 Anwendungsprogrammierung

- Nichteinhalten der Spezifikation
  - Umgehen der Zugriffskontrollen
- Einfügen von „bösartigen“ Befehlsfolgen
  - *Back door:* Hintertür gibt dem Programmierer im Betrieb Zugang zu vertraulichen Daten oder illegalen Operationen
  - *Trojan horse:* Unter bestimmten Bedingungen werden illegale Operationen ohne Trigger von außen angestoßen

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.12 "Tracker Queries"

- Beispiel: Datenbanksysteme
  - Zugriff auf Einzelinformationen ist verboten (Vertraulichkeit)
  - statistische Informationen sind erlaubt
- Grenzen möglicher Sicherheitsmaßnahmen: Zugriff auf Einzelinformationen dennoch möglich
  - geeignete Anfragen kombinieren *(Tracker queries)*
- Beispiel: Gehaltsdatenbank

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.12 "Tracker Queries" (2)

- Tabelle der Datenbankeinträge:

Nr.	Name	Geschl.	Fach	Stellung	Gehalt	Spenden
1	Albrecht	m	Inf.	Prof.	60.000	150
2	Bergner	m	Math.	Prof.	45.000	300
3	Cäsar	w	Math.	Prof.	75.000	600
4	David	w	Inf.	Prof.	45.000	150
4	Engel	m	Stat.	Prof.	54.000	0
5	Frech	w	Stat.	Prof.	66.000	450
6	Groß	m	Inf.	Angest.	30.000	60
8	Hausner	m	Math.	Prof.	54.000	1500
9	Ibel	w	Inf.	Stud.	9.000	30
10	Jost	m	Stat.	Angest.	60.000	45
11	Knapp	w	Math.	Prof.	75.000	300
12	Ludwig	m	Inf.	Stud.	9.000	0

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1.12 "Tracker Queries" (3)

- Anfragen und Antworten:
  - Anzahl('w'): 5
  - Anzahl('w' und (nicht 'Inf' oder nicht 'Prof.')): 4
  - mittlere Spende('w'): 306
  - mittlere Spende('w' und (nicht 'Inf.' oder nicht 'Prof.')): 345
- Berechnung:
  - Spende('David'): 306 * 5 - 345 * 4 =
1530 - 1380 =
150

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Zugriffslisten

- Identifikation von Subjekten, Objekten und Berechtigungen
  - Subjekt: Person oder Benutzerkennung im System (repräsentiert jemanden, der Aktionen ausführen kann)
  - Objekt: Komponente des Systems (repräsentiert Ziel einer Aktion)
  - Berechtigung: z.B. Leseberechtigung auf einer Datei (repräsentiert die Erlaubnis für die Ausführung einer Aktion)
- Erfassung der Berechtigungen in einer Subjekt-Objekt-Matrix: Zugriffsliste *(Access control list, ACL)*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.1 Beispiel für Zugriffslisten

- Personaldatensatz
  - besteht aus: Name, Abteilung, Personalnummer, Lohn- oder Gehaltsgruppe
- Personaldateien (Objekte)
  - D_{LA}: Personaldaten der leitenden Angestellten
  - D_{AN}: Personaldaten der sonstigen Angestellten
  - D_{AR}: Personaldaten der Arbeiter
- Prozeduren (gehören zu den Aktionen)
  - R_{LA}: Lesen von Pers.-Nr. und Lohn-/Gehaltsgr. aus D_{LA}
  - $R_{AN/AR}$: Lesen von Pers.-Nr. und Lohn-/Gehaltsgr. aus D_{AN} oder D_{AR}
  - R_{post}: Lesen von Name, Abteilung und Pers.-Nr.

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.1 Beispiel für Zugriffslisten (2)

- Benutzer (Subjekte)
  - S_{pers}: Leiter des Personalbüros
    - Besitzer aller Dateien und Prozeduren
    - Lese- und Schreibrecht für alleDateien
    - Aufrufrecht für alle Prozeduren
  - S_{stellv}: Sachbearb. leitende Angestellte, stellvertr. Leiter Personalbüro
    - Lese- und Schreibrecht für D_{AN} und D_{AR}
    - Aufrufrecht für R_{LA}
  - S_{sach}: Sachbearbeiter Angestellte u. Arbeiter
    - Aufrufrecht für $R_{AN/AR}$
  - S_{post}: Poststelle
    - Aufrufrecht für R_{post} auf alle Dateien

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.1 Beispiel für Zugriffslisten (3)

- Berechtigungen werden in Matrix ausgedrückt:

	D_{LA}	D_{AN}	D_{AR}	R_{LA}	$R_{AN/AR}$	R_{post}
S_{pers}	O, R, W	O, R, W	O, R, W	O, I	O, I	O, I
S_{stellv}		R, W	R, W	I		
S_{sach}					I	
S_{post}						I
R_{LA}	R					
$R_{AN/AR}$		R	R			
R_{post}	R	R	R			

  - O = *Owner;* Besitzer der Datei oder Prozedur
  - R = *Read;* volle Leseberechtigung
  - W = *Write;* volle Schreibberechtigung
  - I = *Invoke;* Aufrufberechtigung

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.2 Beispiel: UNIX

- Zugriffslisten für
  - Dateien und Geräte
  - Shared-Memory-Segmente
  - Message-Queues
  - Semaphore
  - etc.
- Berechtigungen:
  - Lesen *(read)*, Schreiben *(write)*, Ausführen *(execute)*
  - für Besitzer, Gruppe und alle anderen unterscheidbar
- Subjekte:
  - Prozesse
  - Besitzer (Benutzer) und Zugehörigkeit zu einer oder mehreren Gruppen

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.2 Beispiel: UNIX

- Superuser
  - Benutzer *root* hat automatisch alle Zugriffsrechte
- S-Bit–Programme
  - S-Bit ist ein besonderes Recht auf der Binärdatei des Programms
  - Besitzer der Datei wird bei der Ausführung auch Besitzer des Prozess (sonst wird Aufrufer Besitzer des Prozess)
- ★ Vorteil
  - Bereitstellen von Prozessen, die kontrolliert Aufrufern höhere Zugriffsberechtigungen erlauben
- ▲ Nachteil
  - Fehler im Prozess gibt Aufrufer volle Rechte des Programmbesitzers
  - fatal, falls das Programm *root* gehört

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2.3 Implementierung

- Globale Tabelle/Matrix
  - System hält eine Datenstruktur und prüft im betreffenden Eintrag die Berechtigungen
  - Tabelle üblicherweise recht groß: passt evtl. nicht in den Speicher
- Zugriffslisten an den Objekten
  - jedes Objekt hält eine Liste der Berechtigungen (z.B. Unix Datei: Inode)
  - verringert üblicherweise den Platzbedarf für die Einträge (unnötige Felder der Matrix werden nicht repräsentiert)
- Zugriffslisten an den Subjekte
  - jedes Subjekt hält eine Liste von Objekten und den Berechtigungen, die das Subjekt für das Objekt hat
  - ähnlich Capabilities

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Schutz durch Speicherverwaltung

- Schutz vor gegenseitigem Speicherzugriff
  - Segmentierung und Seitenadressierung erlauben es, jedem Prozess nur den benötigten Speicher einzublenden
  - Segmentverletzung löst Unterbrechung aus
- Systemaufrufe
  - definierter Weg von einer Schutzumgebung (der des Prozesses) in eine andere (der des Betriebssystems)
- Erweiterung dieses Konzepts:
  - allgemeine Prozeduraufrufe zwischen verschiedenen Schutzumgebungen, realisiert mit der Speicherverwaltung und deren Hardware (MMU)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

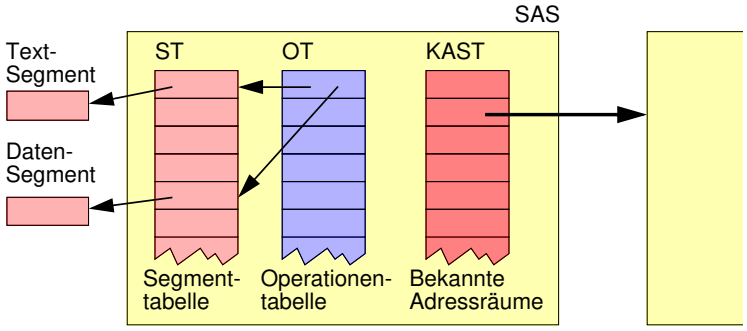
3.1 Modulkonzept von Habermann

- Idee (von 1976)
  - Adressräume (Module) bilden Schutzumgebungen
  - Adressräume bieten definierte Operationen an (ähnlich wie das Betriebssystem Systemaufrufe anbietet)
  - Parameter werden in speziellen Segmenten übergeben
- ★ Bietet allgemeinen Schutz der Module und erlaubt kontrollierte Interaktionen
- Module besitzen einen statischen Adressraum *(SAS, Static address space)*
  - enthält Liste von Segmenten, die zu dem Modul gehören bzw. von dem Modul zugegriffen werden dürfen
  - enthält Liste von angebotenen Operationen mit den Angaben, welche Segmente jede Operation benötigt (u.a. Segment für die auszuführenden Instruktionen)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.1 Modulkonzept von Habermann (2)

- enthält Liste von bekannten Adressräumen anderer Module (dort können dann Operationen aufgerufen werden)

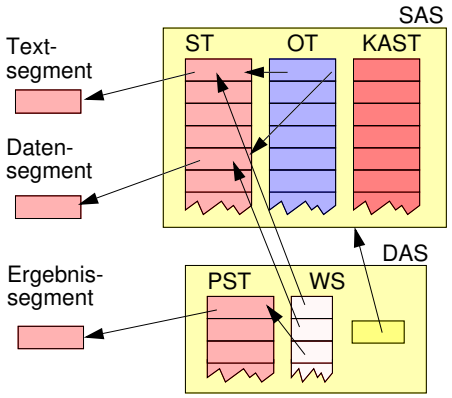


KAST = *Known address space table*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.1 Modulkonzept nach Habermann (3)

- Aktivitätsträger sind einen dynamische Adressraum zugeordnet *(DAS, Dynamic address space)*

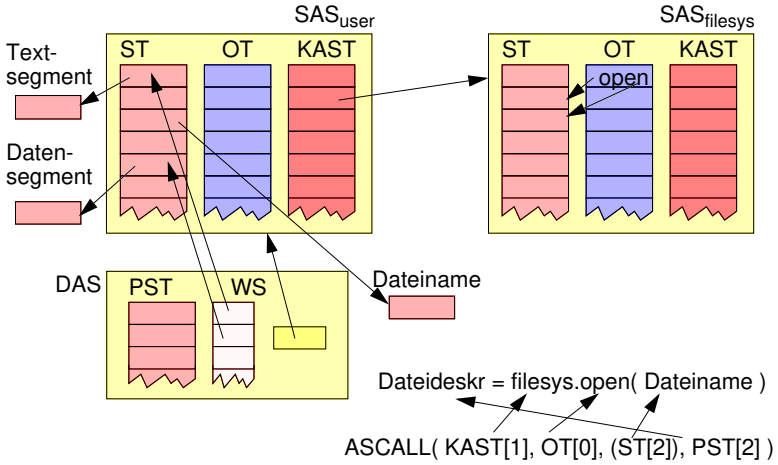


- ◆ enthält Segmenttabelle für Parameter und Ergebnisse *(PST)*
- ◆ enthält Verweise auf Segmenttabellen, die den Adressraum zusammenstellen *(WS= Working space)*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.2 Beispielaufruf

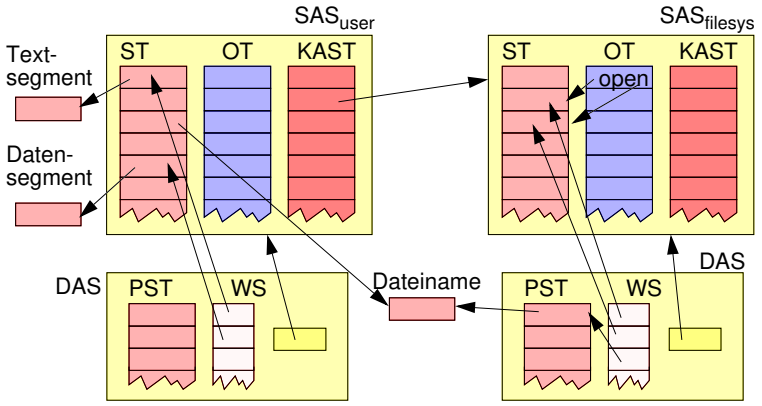
- SAS des Benutzers ruft Operation „open“ des Dateisystem-SAS auf



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.2 Beispielaufruf (2)

- SAS des Benutzers ruft Operation „open“ des Dateisystem-SAS auf

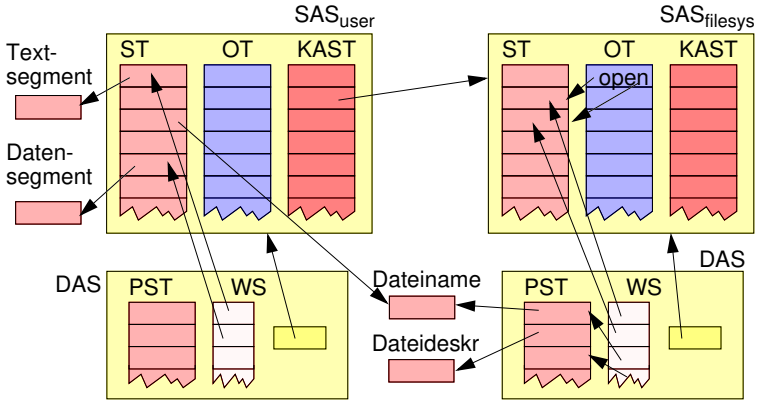


- ◆ für den Aufruf von „open“ wird ein neuer DAS erzeugt

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.2 Beispielaufruf (3)

- SAS des Benutzers ruft Operation „open“ des Dateisystem-SAS auf

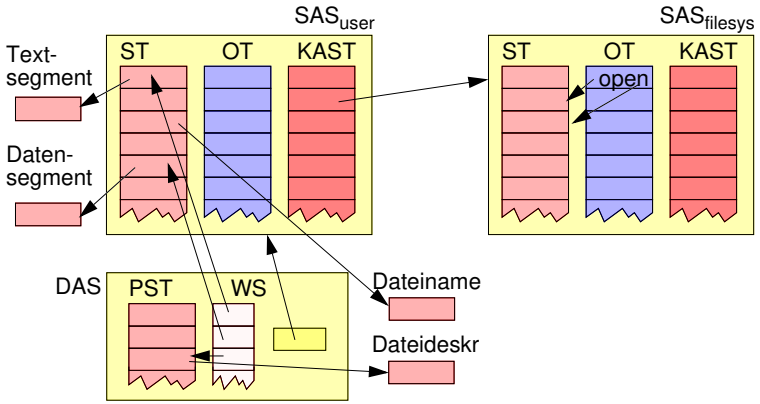


- ◆ „open“ erzeugt neues Segment für den Dateideskriptor

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.2 Beispielaufruf (4)

- SAS des Benutzers ruft Operation „open“ des Dateisystem-SAS auf



  - Ergebnissegment wird an den Aufrufer zurückgegeben

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

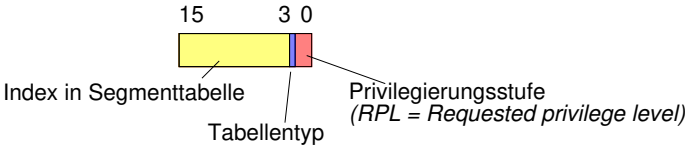
3.3 Beispiel: Pentium

- Privilegierungsstufen
  - Stufe 0: höchste Privilegien (privilegierte Befehle, etc.): BS Kern
  - Stufe 1: BS Treiber
  - Stufe 2: BS Erweiterungen
  - Stufe 3: Benutzerprogramme
- Merke:
  - kleine Stufennummer: hohe Privilegien
  - große Stufennummer: kleine Privilegien

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (2)

- Segmentselektoren enthalten Privilegierungsstufe

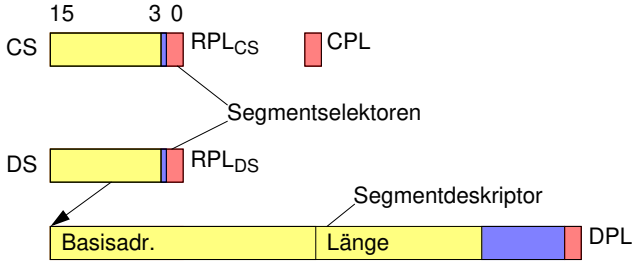


- Codesegmentselektor (CS) bestimmt aktuelle Privilegierungsstufe
  - CPL = *Current privilege level*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (3)

- Datenzugriff (z.B. auf Datensegment DS)



  - DPL = *Descriptor privilege level*
  - CPL ist normalerweise gleich RPL$_{CS}$
  - Zugriff wird erlaubt, wenn: DPL ≥ max(CPL, RPL$_{DS}$)
  - ansonsten wird Unterbrechung ausgelöst (Schutzverletzung)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (4)

- Erläuterung:
  - DPL < CPL: *Schutzverletzung*
    augenblickliche Privilegierungsstufe hat weniger Privilegien als im Deskriptor verlangt
    (CPL hat höhere Stufennr. als der Deskriptor)
  - DPL ≥ CPL: OK
    augenblickliche Privilegierungsstufe ist mindestens so hoch wie die im Deskriptor
- ★ Segment kann nur angesprochen werden, wenn augenblickliche Stufe die gleichen oder mehr Privilegien beinhaltet.

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

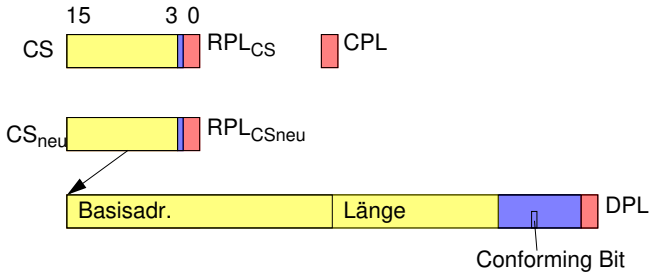
3.3 Beispiel: Pentium (5)

- Erläuterung:
  - DPL < RPL(ds): *Schutzverletzung*
    Selektor hat weniger Privilegien als der Deskriptor
    (Selektor hat größere Stufe als der Deskriptor)
  - DPL ≥ RPL(ds): OK
    Selektor hat mindestens die gleiche Privilegierungsstufe wie der Deskriptor
- ★ Selektor darf keine geringeren Privilegien versprechen als wirklich verlangt sind.

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (5)

- Sprünge in andere Codesegmente *(Far Call)*

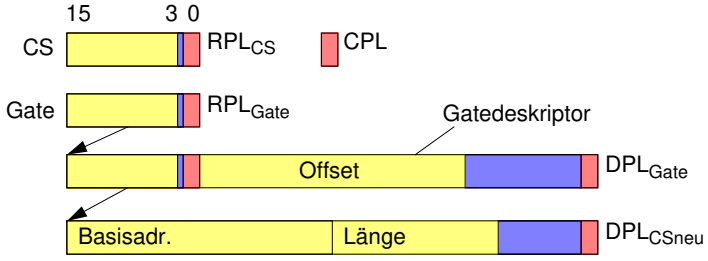


  - Sprung wird erlaubt, falls: DPL = CPL oder Conforming Bit gesetzt und DPL ≤ CPL
  - Im Falle von DPL ≤ CPL wird jedoch CPL nicht geändert (Codesegment hat höheres Privileg, CPL bleibt aber unverändert)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (6)

- Kontrolltransfer mit einem *Gate*

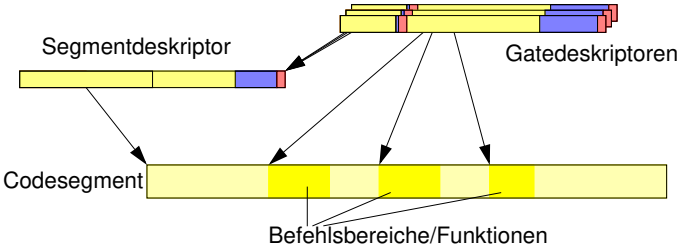


  - Gatedeskriptoren stehen wie Segmentdeskriptoren in der Segmenttabelle
  - Gatedeskriptor enthält Segmentselektor für das Codesegment und einen Offset zu diesem Segment, an dem der Einsprungpunkt liegt
  - Kontrolltransfer (*CALL* Aufruf) wird erlaubt, falls:
    $DPL_{Gate} \geq \max(CPL, RPL_{Gate})$ und $DPL_{CSneu} \leq CPL$

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (7)

- Gates erlauben den kontrollierten Sprung in ein privilegierten Befehlsbereich

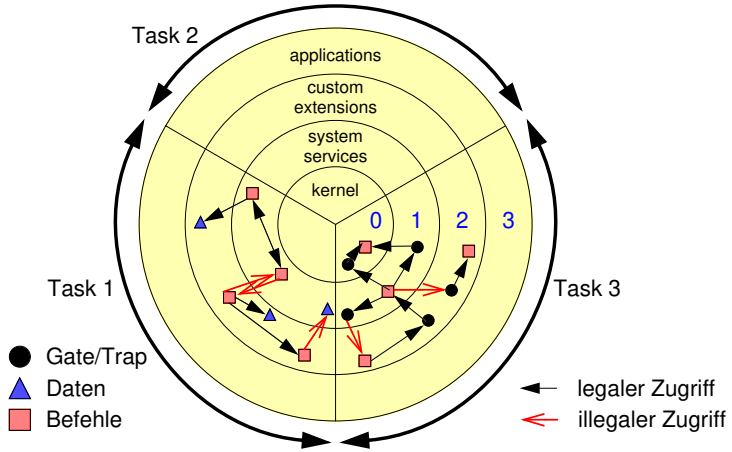


  - es existiert auch der entsprechende Rücksprung
  - für jede Privilegierungsstufe gibt es einen eigenen Stack; dieser wird mit umgeschaltet
  - Parameter werden automatisch auf den neuen Stack kopiert (Anzahl wird im Gatedeskriptor vermerkt)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3.3 Beispiel: Pentium (8)

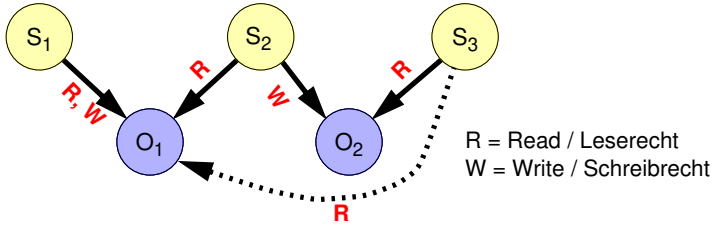
- Beispiel eines realisierten Schutzsystems



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Capability-basierte Systeme

- Ein Benutzer (Subjekt) erhält eine Referenz auf ein Objekt
  - die Referenz enthält alle Rechte, die das Subjekt an dem Objekt besitzt
  - bei der Nutzung der Capability (Zugriff auf das Objekt) werden die Rechte überprüft



Subjekte und Objekte; Weitergabe einer Capability (O_1 von S_2 nach S_3)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Capability-basierte Systeme (2)

- ★ Vorteile
  - keine Speicherung von Rechten beim Objekt oder Subjekt nötig; Capability enthält Zugriffsrechte
  - leichte Vergabe von individuellen Rechten
  - einfache Weitergabe von Zugriffsrechten möglich
- ▲ Nachteile
  - Weitergabe nicht kontrollierbar
  - Rückruf von Zugriffsrechten nicht möglich
  - Capability muss vor Fälschung und Verfälschung geschützt werden (z.B. durch kryptographische Mittel oder durch Speicherverwaltung)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

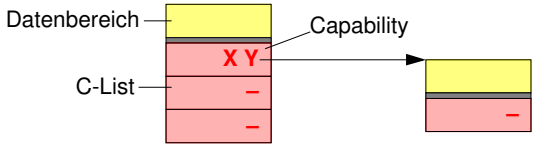
4.1 Beispiel: Hydra

- Hydra ist ein Capability-basiertes Betriebssystem
  - entwickelt Mitte der Siebziger Jahre an der Carnegie-Mellon University
  - lief auf einem speziellen Multiprozessor namens **C.mmp**
  - Capability-Mechanismen sind integraler Bestandteil des Betriebssystems
- Objekte in Hydra werden durch Capabilities angesprochen und geschützt
  - Objekte haben einen Typ (z.B. Prozeduren, Prozesse/LNS, Semaphoren, Datei etc.)
  - Capabilities haben entsprechenden Typ
  - benutzerdefinierte Typen sind möglich

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.1 Beispiel: Hydra (2)

- generische Operationen für alle Typen implementiert durch das Betriebssystem
- Objekte besitzen eine Liste von Capabilities auf andere Objekte (genannt *C-List*)
- Capabilities enthalten Rechte
- Objekte besitzen einen Datenbereich (implementiert durch geschütztes Segment)



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.1 Beispiel: Hydra (3)

- Prozesse (Subjekte)
  - Prozesse besitzen einen aktuellen Kontext, den LNS *(Local name space)*
  - LNS ist ein Objekt
  - zum LNS gehört einen Aktivitätsträger (Thread)
  - LNS kann nur auf Objekte zugreifen, die in seiner C-List stehen (mehrstufige Zugriffe, z.B. auf die C-List eines Objekts, dessen Capabilities in der C-List des LNS steht, sind möglich; Pfad zur eigentlichen Capability)
- Capabilities
  - Prozesse können nur über Systemaufrufe ihre Capabilities bzw. ihre C-List bearbeiten
  - Capabilities können nicht gefälscht oder verfälscht werden
  - Betriebssystem kann sicheres Schutzkonzept basierend auf Capabilities implementieren

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

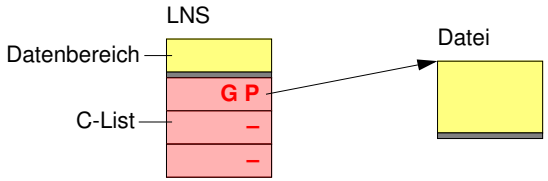
4.2 Datenzugriff in Hydra

- Operationen auf dem Datenbereich
  - *Getdata:* kopiere Abschnitt aus dem Datenbereich eines Objekts in den Datenbereich des LNS
  - *Putdata:* kopiere Abschnitt aus dem Datenbereich des LNS in den Datenbereich eines Objekts
  - *Adddata:* füge Daten zu dem Datenbereich eines Objekts hinzu
- Dazugehörige Rechte:
  - ***G**ETRTS:* erlaubt den Aufruf von *Getdata*
  - ***P**UTRTS:* erlaubt den Aufruf von *Putdata*
  - ***AD**DRTS:* erlaubt den Aufruf von *Adddata*
- Rechte müssen in der Capability zum Objekt gesetzt sein

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.2 Datenzugriff in Hydra (2)

- Beispiel: Implementierung von Dateien
  - *Getdata* erlaubt das Lesen von Daten
  - *Putdata* erlaubt das Schreiben von Daten
  - *Adddata* erlaubt das Anhängen von Daten
- Entsprechende Rechte können pro Capability gesetzt werden



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

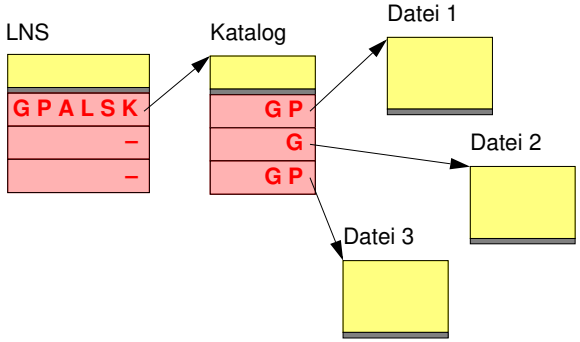
4.3 Zugriff auf Capabilities in Hydra

- Operationen auf der C-List:
  - *Load:* kopieren einer Capability aus der C-List eines Objekts in die C-List des LNS
  - *Store:* kopieren einer Capability aus der C-List des LNS in die C-List eines Objekts (dabei können Rechte maskiert werden)
  - *Append:* anfügen einer Capability in die C-List eines Objekts
  - *Delete:* löschen einer Capability aus der C-List eines Objekts
- Rechte:
  - ***L****OADRTS:* erlaubt Aufruf von *Load*
  - ***S****TORTS:* erlaubt Aufruf von *Store*
  - ***A****PPRTS:* erlaubt Aufruf von *Append*
  - ***K****ILLRTS:* erlaubt Aufruf von *Delete*

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.3 Zugriff auf Capabilities in Hydra (2)

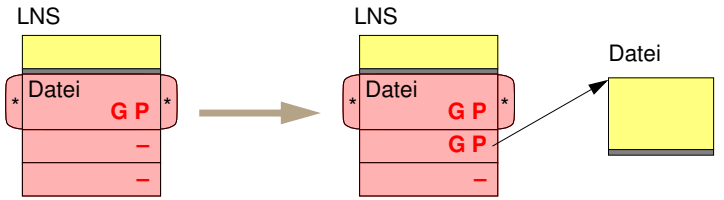
- Beispiel: Implementierung von Katalogen
  - *Load* erlaubt das Auflösen von Namen (Aufrufer bekommt die Capability)
  - *Store* und *Append* erlauben das Hinzufügen von Dateien zum Katalog
  - *Delete* erlaubt das Austragen von Dateien aus dem Katalog



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.4 Objekterzeugung in Hydra

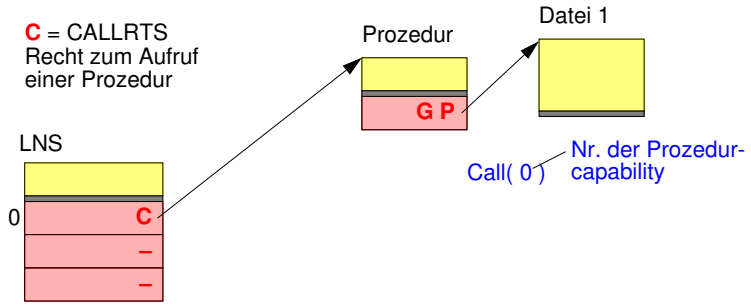
- Objekterzeugung über Erzeugungsschablonen *(Creation Templates)*
  - Erzeugungsschablone enthält den Typ des neu zu erzeugenden Objektes und eine Rechtemaske
  - nur die in der Maske angeschalteten Rechte werden dem Aufrufer in einer neuen Capability gegeben



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra

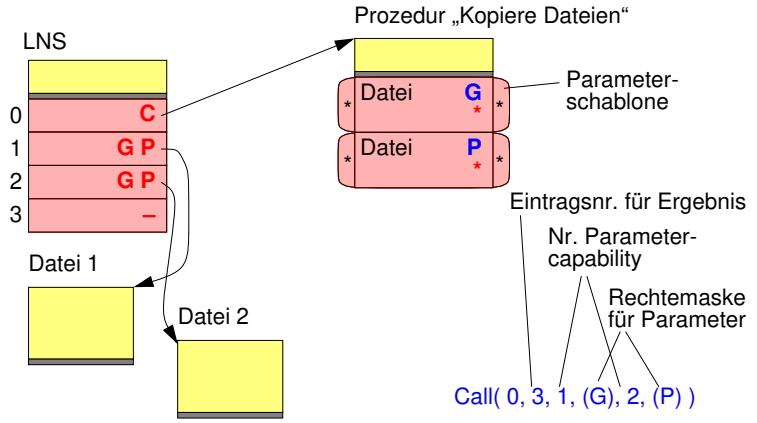
- Prozedur ist ein Objekt, aus dem beim Aufruf ein LNS des laufenden Prozesses erzeugt wird
  - ◆ neuer LNS wird aktueller Kontext (alte LNS stehen auf einem Stack; sie werden wieder aktiviert, wenn Prozedur zu Ende)
- Aufruf einer Prozedur



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra (2)

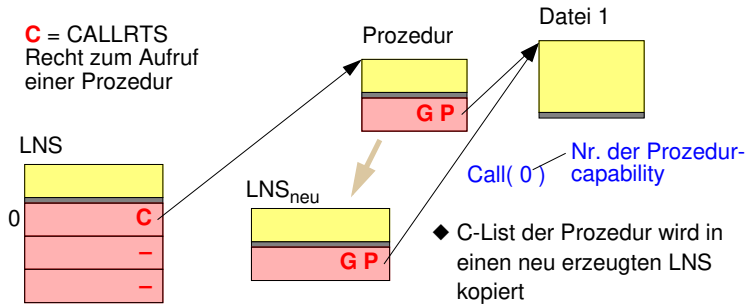
- Übergabe von Parametern
  - ◆ Beispiel: Prozedur zum Kopieren von Dateiinhalten



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra

- Prozedur ist ein Objekt, aus dem beim Aufruf ein LNS des laufenden Prozesses erzeugt wird
  - ◆ neuer LNS wird aktueller Kontext (alte LNS stehen auf einem Stack; sie werden wieder aktiviert, wenn Prozedur zu Ende)
- Aufruf einer Prozedur

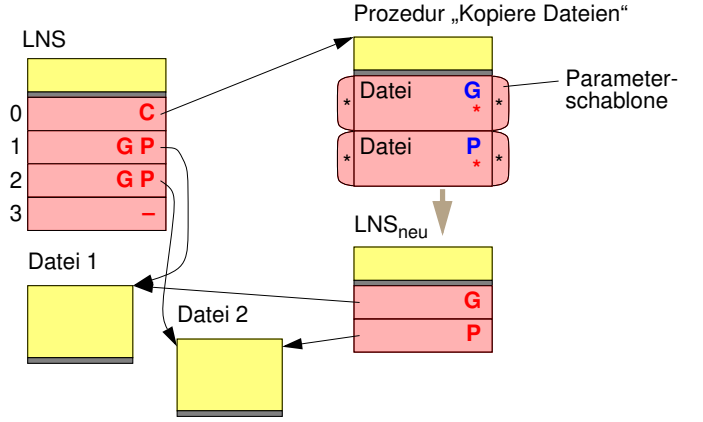


- ◆ C-List der Prozedur wird in einen neu erzeugten LNS kopiert

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra (3)

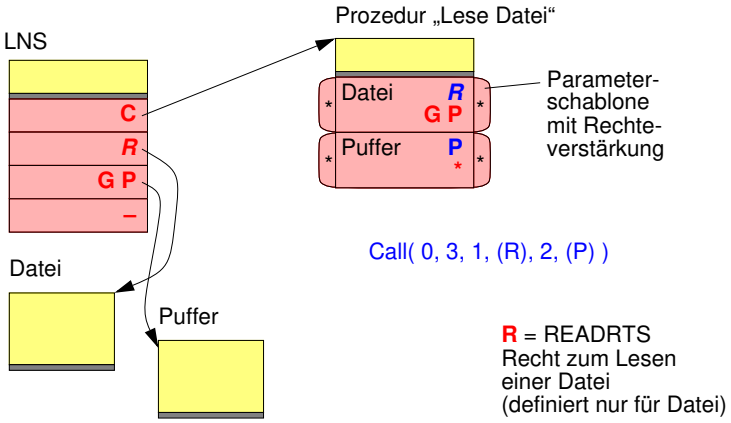
- Übergabe von Parametern
  - ◆ Beispiel: Prozedur zum Kopieren von Dateiinhalten



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra (3)

- Verstärken von Rechten
  - Beispiel: Prozedur zum Lesen von Dateiinhalten in einen Puffer



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

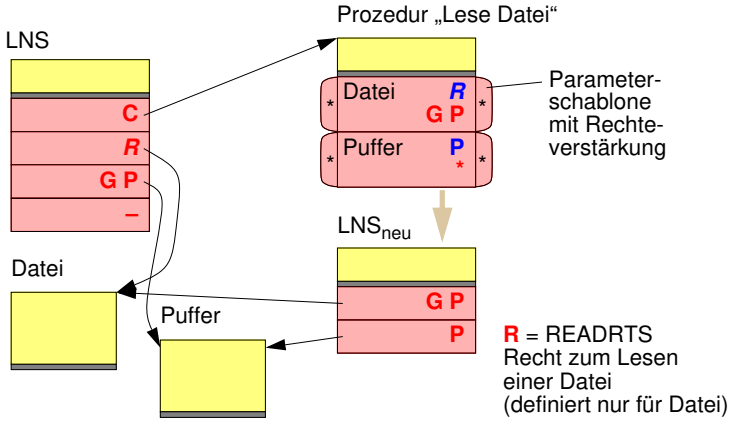
4.6 Problem: Gegenseitiges Misstrauen

- Aufrufer misstraut einer Prozedur
  - Aufrufer möchte der Prozedur nur soviel Rechte einräumen wie nötig
- Aufgerufene Prozedur misstraut dem Aufrufer
  - Aufrufer soll nur soviel Rechte und Zugang bekommen wie erforderlich
- ★ Hydra Prozeduraufruf unterstützt diese Forderungen direkt
  - Aufrufer übergibt Capabilities, die nötig sind
  - Aufrufer kann Rechte bei der Übergabe maskieren und damit ausschalten
  - Aufrufer erhält nur Zugang zu einem definierten Ergebnis
  - Prozedur kann eigene Capabilities besitzen, die einem LNS zur Verfügung stehen und die dem Aufrufer verborgen bleiben können

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.5 Prozeduraufruf in Hydra (3)

- Verstärken von Rechten
  - Beispiel: Prozedur zum Lesen von Dateiinhalten in einen Puffer



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.6 Problem: Gegenseitiges Misstrauen (2)

- ▲ Rechteverstärkung als Sicherheitslücke?
  - Verstärkungsschablone wird nur an vertrauenswürdige Prozeduren ausgegeben und kann nicht einfach erzeugt werden

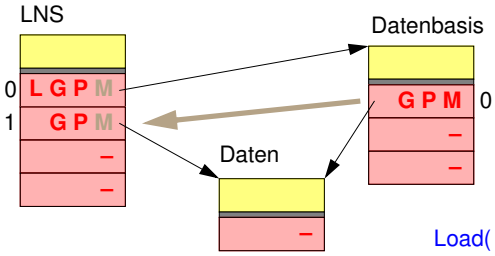
4.7 Problem: Modifikationen

- Aufrufer möchte Modifikationen an und über Parameter ausschließen
  - eine Prozedur soll nichts verändern können
- Wegnehmen der entsprechenden Rechte langt nicht
  - Prozedur kann lesend zu neuen Capabilities gelangen und über diese Änderungen vornehmen (Transitivität)
  - Rechteverstärkung könnte angewandt werden

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.7 Problem: Modifikation (2)

- ★ Einführung des Modifikationsrechts *MDFYRTS*
  - ◆ für alle modifizierenden Operationen an Datenbereichen und C-Lists muss zusätzlich das Modifikationsrecht für das Objekt vorhanden sein
  - ◆ Modifikationsrecht wird automatisch gelöscht, wenn eine Capability über einen Pfad geladen wird, auf dem eine der Capabilities kein Modifikationsrecht besitzt
  - ◆ Modifikationsrecht kann nicht über Rechteverstärkung erlangt werden



es ist nicht möglich für den LNS, eine Capability auf die Daten zu erlangen, die Modifikationen zulässt

Load((0, 0), 1)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.7 Problem: Modifikation (3)

- ■ Parameterübergabe
  - ◆ Wegnahme des Modifikationsrecht bei Parametern stellt sicher, dass die aufgerufene Prozedur keinerlei Veränderungen beim Aufrufer durchführen kann

4.8 Problem: Ausbreitung von Capabilities

- ■ Aufrufer will verhindern, dass eine übergebene Capability vom Aufgerufenen an einen Dritten weitergegeben wird *(Propagation Problem)*
  - ◆ Beispiel: Prozedur „Drucken“ soll niemandem eine Referenz auf die zu druckenden Daten weitergeben können

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

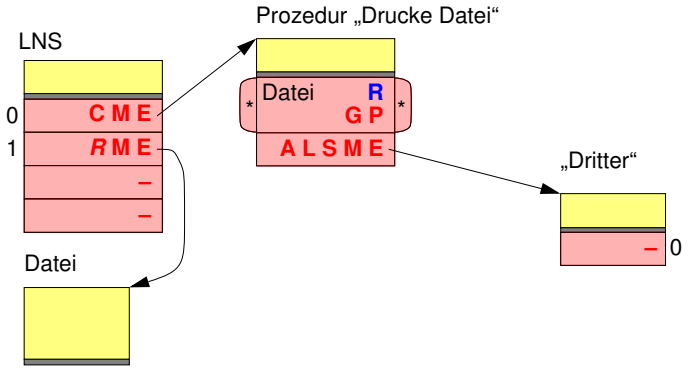
4.8 Problem: Ausbreitung von Capabilities (2)

- ★ Einführung des Environment-Rechts *ENVRTS*
  - ◆ für das Speichern oder Anfügen einer Capability an eine C-List muss die zu speichernde Capability selbst das Environment-Recht besitzen
  - ◆ Environment-Recht wird automatisch gelöscht, wenn eine Capability über einen Pfad geladen wird, auf dem eine der Capabilities kein Environment-Recht besitzt
  - ◆ Environment-Recht kann nicht über Rechteverstärkung erlangt werden

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.8 Problem: Ausbreitung von Capabilities (3)

- ■ Versuchte Weitergabe einer Capability an einen Dritten

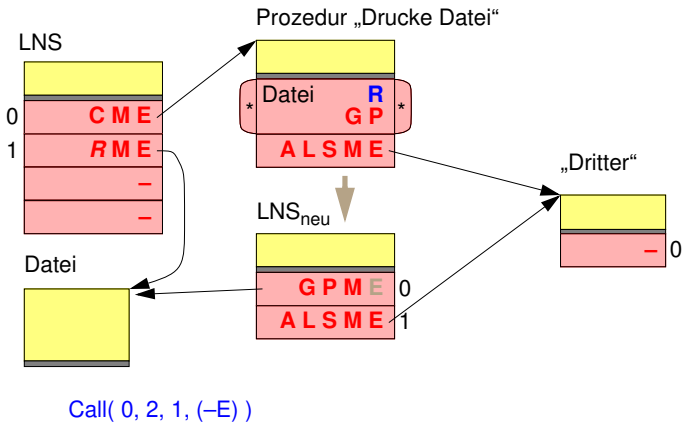


Call(0, 2, 1, (–E))

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.8 Problem: Ausbreitung von Capabilities (3)

- Versuchte Weitergabe einer Capability an einen Dritten



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

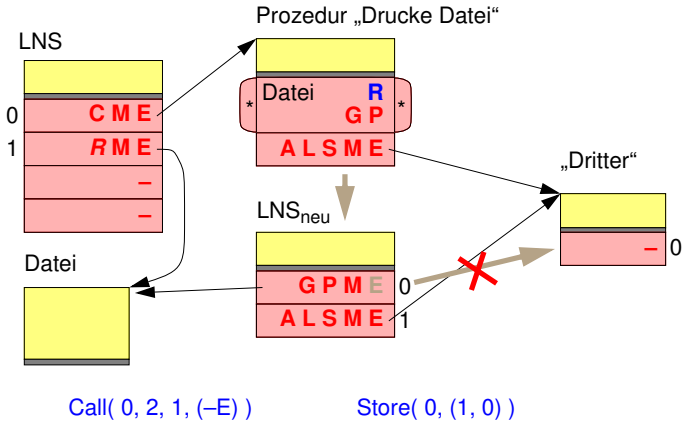
4.9 Problem: Aufbewahrung von Capabilities

- Aufrufer möchte sicher sein, dass Aufgerufener keine Capabilities nach der Bearbeitung des Aufrufs zurückbehalten kann *(Conservation Problem)*
- ★ Environment-Recht zusammen mit dem Aufrufmechanismus genügt
  - ◆ Aufgerufener kann Capability ohne ENVRTS nicht weitergeben und folglich nicht abspeichern
  - ◆ der LNS des Aufrufs wird mit Beendigung des Aufrufs vernichtet, so dass die übergebenen Capabilities nicht zurückbehalten werden können
  - ◆ ENVRTS wirkt transitiv, so dass auch die über eine Parameter-Capability gewonnenen Capabilities nicht weitergegeben werden können

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.8 Problem: Ausbreitung von Capabilities (3)

- Versuchte Weitergabe einer Capability an einen Dritten



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

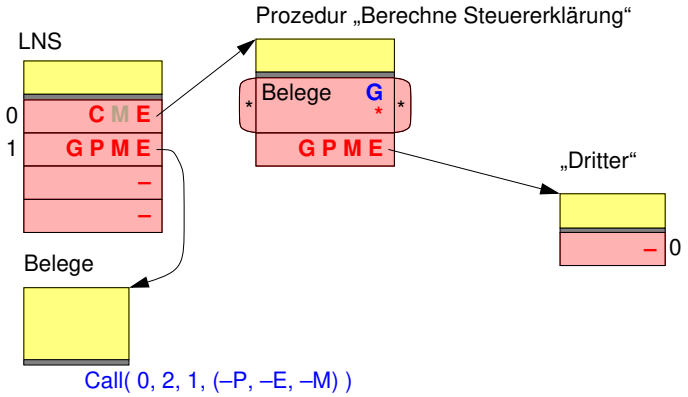
4.10 Problem: Informationsflussbegrenzung

- Aufrufer möchte die Verbreitung von Informationen aus übergebenen Parametern einschränken *(Confinement Problem)*
  - ◆ selektiv: bestimmte Informationen sollen nicht nach außen gelangen
  - ◆ global: gar keine Informationen sollen nach außen gelangen
  - ◆ ENVRTS ist nicht ausreichend, da Prozedur den Dateninhalt von Parameterobjekten kopieren könnte
    (ENVRTS wirkt nur auf die Weitergabe von Capabilities)
- Hydra realisiert nur globale Informationsflussbegrenzung
- ★ Modifikationsrecht auf der Prozedur-Capability
  - ◆ wenn kein Modifikationsrecht vorhanden ist, werden bei allen in den LNS übernommenen Capabilities die Modifikationsrechte ausgeschaltet
    (gilt jedoch nicht für Parameter)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.10 Problem: Informationsflussbegrenzung (2)

- Beispiel: Prozedur zur Steuerberechnung
  - die übergebenen Beleg- und Buchhaltungsdaten sollen nicht weitergegeben werden können



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

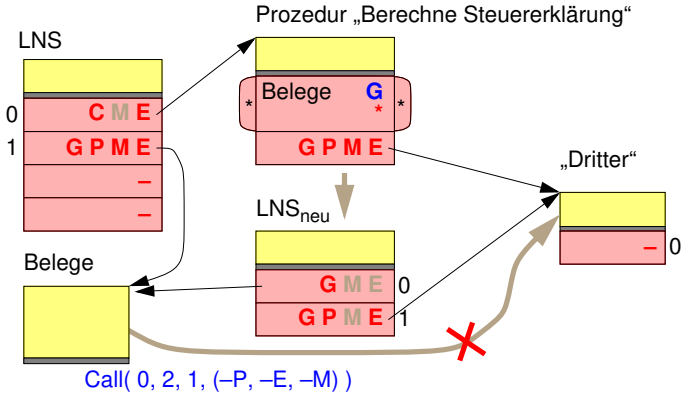
4.11 Problem: Initialisierung

- Initialisierung von Objekten durch Prozeduren
  - Übergabe eines Objekts und verschiedener Capabilities, mit denen das Objekt initialisiert werden soll
  - Problem: Parameter-Capabilities müssen Environment-Recht besitzen (sonst ist das zu initialisierende Objekt nicht arbeitsfähig), gleichzeitig soll aber die Ausbreitung solcher Capabilities eingeschränkt werden
    - Lösung: Wegnahme des Modifikationsrechts auf der Prozedurcapability
  - Problem: Es muss verhindert werden, dass die Prozedur in das zu initialisierende Objekt eigene oder fremde Capabilities einsetzt, so dass es später Einfluss auf das zu initialisierende Objekt nehmen kann
- Beispiel: Prozedur zur Initialisierung eines Katalogs bekommt Capabilities auf die entsprechenden Dateien
  - es soll sichergestellt werden, dass Prozedur keine eigenen Dateicapabilities in den Katalog einfügt

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.10 Problem: Informationsflussbegrenzung (2)

- Beispiel: Prozedur zur Steuerberechnung
  - die übergebenen Beleg- und Buchhaltungsdaten sollen nicht weitergegeben werden können



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

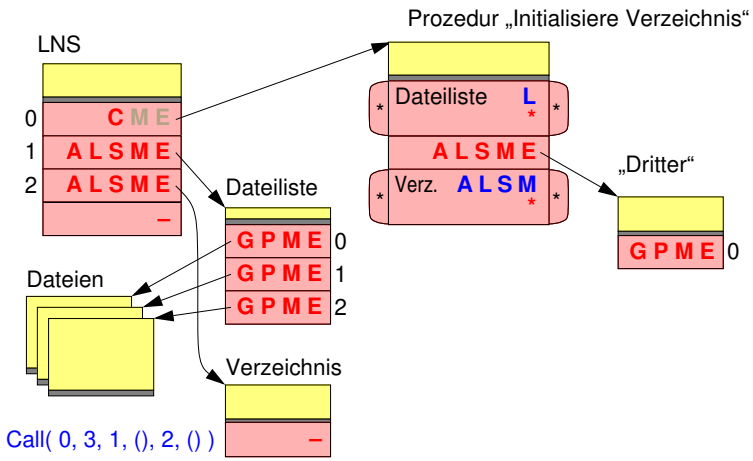
4.11 Problem Initialisierung (2)

- ★ Environment-Recht auf der Prozedur-Capability
  - wenn kein Environment-Recht vorhanden ist, werden bei allen in den LNS übernommenen Capabilities die Environment-Rechte ausgeschaltet (gilt jedoch nicht für Parameter)
  - durch das fehlende Environment-Recht können alle bereits vorhandenen Capabilities nicht in das zu initialisierende Objekt gespeichert werden

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.11 Problem: Initialisierung (3)

- Beispiel: Initialisierung eines Verzeichnis



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

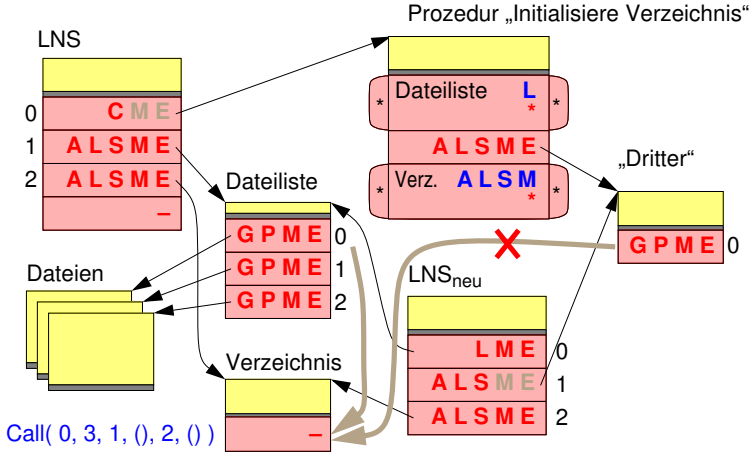
4.12 Rückruf von Capabilities

- Anwender möchte ausgegebene Capabilities für ungültig erklären
  - sofortiger Rückruf — Rückruf nach einiger Zeit erst wirksam
  - dauerhafter Rückruf — Rückruf nur zeitlich begrenzt wirksam
  - selektiver Rückruf — Rückruf für alle Benutzer eines Objekts
  - partieller Rückruf — Rückruf aller Rechte an einem Objekt
  - Recht zum Rückruf; Rückruf des Rückrufrechts
- ★ Hydra setzt sogenannte Aliase ein
  - Alias ist eine Indirektionsstufe zu Capabilities
  - Statt auf ein Objekt können Capabilities auf Aliase verweisen und diese wiederum auf andere Aliase oder schließlich auf das eigentliche Objekt
  - Verbindung vom Alias zum Objekt kann gelöst werden: Fehler beim Zugriff
  - Recht zum Lösen der Verbindung ***AL****LYRTS*
    (engl. *ally* = verbünden)

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.11 Problem: Initialisierung (3)

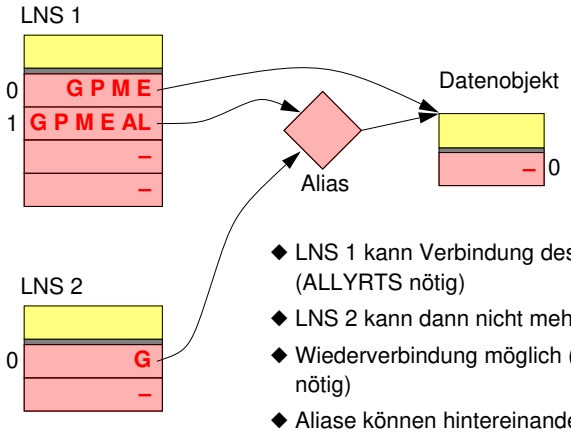
- Beispiel: Initialisierung eines Verzeichnis



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.12 Rückruf von Capabilities (2)

- Beispiel: Weitergabe einer rückrufbaren Capability

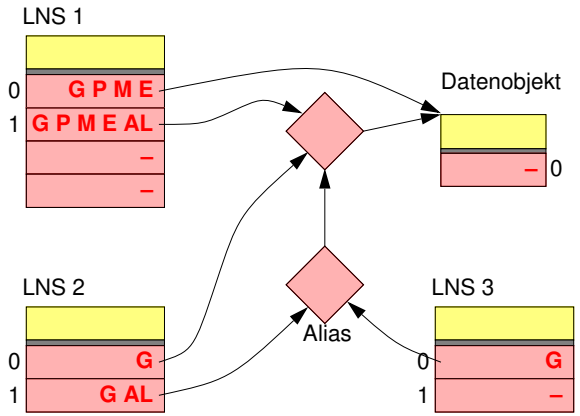


  - LNS 1 kann Verbindung des Alias lösen (ALLYRTS nötig)
  - LNS 2 kann dann nicht mehr zugreifen
  - Wiederverbindung möglich (Originalcapability nötig)
  - Aliase können hintereinander auftreten

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.12 Rückruf von Capabilities (3)

- Beispiel: Aliasketten



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

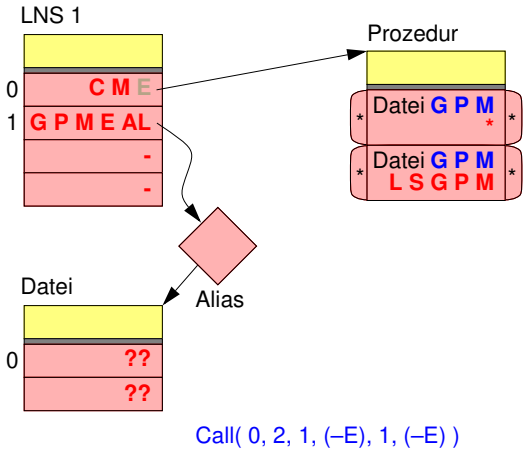
4.12 Rückruf von Capabilities (4)

- ▲ Problem: Rückruf während der Bearbeitung eines Objekts
  - ◆ inkonsistente Zustände möglich
- ★ Lösung in Hydra
  - ◆ Parameter-Capabilities, die durch eine rechteverstärkende Parameterschablone angenommen werden, zeigen auf das Originalobjekt
- ▲ Nachteil
  - ◆ nicht vertrauenswürdige Prozeduren können rückruffreie Capability erlangen
  - ◆ Problem fällt in die selbe Kategorie wie rechteverstärkende Parameterschablonen an sich

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.12 Rückruf von Capabilities (5)

- Beispiel:

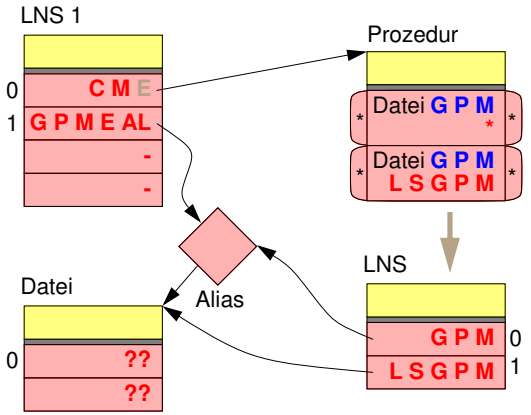


Call(0, 2, 1, (–E), 1, (–E))

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.12 Rückruf von Capabilities (5)

- Beispiel:



Call(0, 2, 1, (–E), 1, (–E))

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

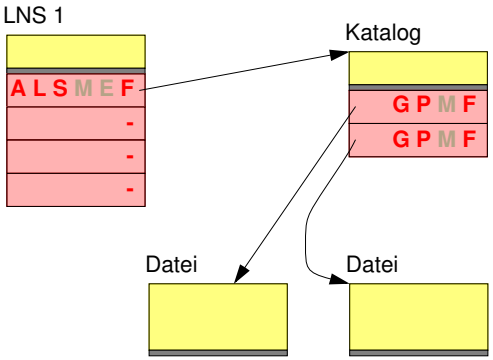
4.13 Garantierter Zugriff

- Schutz vor Rückruf
  - ◆ Modifizierende Benutzer eines Objekts
    - kooperierende Benutzer: Rückruf keine Gefahr
    - nicht kooperierende Benutzer: Rückruf nötig
  - ◆ Benutzer eines Objekts ohne modifizierende Zugriffe
    - Aufruf von Prozeduren ist unkritisch, da Aufrufe nicht rückrufbar sind
    - lesende Zugriffe auf Objekte sind kritisch:
      Verhindern des Rückrufs ist jedoch nicht ausreichend
      – Daten im Objekt könnten gelöscht oder verfälscht werden
      – Capabilities im Objekt oder deren Rechte könnten entfernt werden
- ★ Hydra führt das Einfrierrecht *(Freeze right **F**RZRTS)* ein
  - ◆ Einfrieren nimmt Modifikationsrecht weg
  - ◆ ein Objekt kann nur gefroren werden, wenn alle Capabilities in der C-List bereits das Einfrierrecht haben

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.13 Garantierter Zugriff (2)

- Beispiel:



© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4.14 Bewertung von Hydra

- Hydra demonstrierte die Beherrschbarkeit einer ganzen Reihen von Sicherheitsproblemen
  - ◆ Ergebnisse flossen in eine ganze Reihe von Systemen
  - ◆ reine Capability-basierte Systeme haben sich jedoch nie durchgesetzt
- Hydras Probleme
  - ◆ lagen im wesentlichen nicht am Capability-Mechanismus
  - ◆ es gabe keine vernünftigen Editoren und Compiler
  - ◆ Hardware besaß keine Spezialhardware zur Unterstützung von Paging

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Kryptographische Maßnahmen

- Verschlüsseln und Entschlüsseln vertraulicher Daten
  - ◆ aus den verschlüsselten Daten soll die Originalinformation nur mit Hilfe eines Schlüssels restauriert werden können
  - ◆ Schlüssel bleibt geheim
- Authentisierung
  - ◆ Empfänger kann verifizieren, wer der Absender ist
- Sicherer Kanal
  - ◆ gesendete Informationen können nicht gefälscht und verfälscht werden
  - ◆ nur der adressierte Empfänger kann die Informationen lesen
  - ◆ Empfänger kann den Absender authentisieren

© 1997-2003, F. J. Hauck, W. Schröder-Preikschat, Inf 4, FAU Erlangen-Nürnberg[I-Security.fm, 2004-02-02 08.52]
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.