

Vorlesung
***Methodische Grundlagen des
Software-Engineering***
im Sommersemester 2014

Prof. Dr. Jan Jürjens

TU Dortmund, Fakultät Informatik, Lehrstuhl XIV

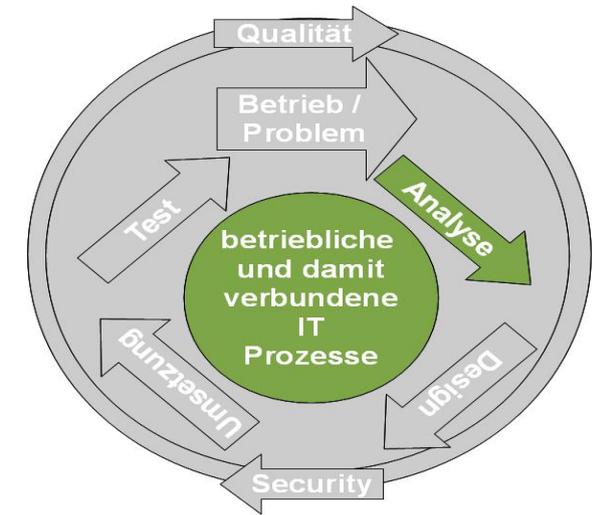
Teil 3.4: Sichere Architekturen

v. 07.07.2014

Einordnung

3.4 Sichere Architekturen

- Geschäftsprozessmodellierung
- Process-Mining
- **Modellbasierte Entwicklung sicherer Software**
 - Einführung: Software Security
 - Hintergrund IT-Sicherheit
 - Wiederholung: Metamodellierung
 - Modellbasierte Sicherheit mit UMLsec
 - **Sichere Architekturen**
 - Kryptographische Protokolle
 - Protokollanalyse
 - Biometrische Authentisierung
 - Biometrische Authentisierung: Analyse
 - Elektronische Geldbörsen
 - Clouds
 - Elektronische Signatur
 - Bankarchitektur



Literatur:

[Jür05] Jan Jürjens: **Secure systems development with UML**, Springer-Verlag 2005.

Unibibliothek (e-Book):

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1361890>

Papier-Version:

<http://www.ub.tu-dortmund.de/katalog/titel/1091324>

Kap. 4

- **Letzer Abschnitt:** Modellbasierte Sicherheit
 - UMLsec
 - fair exchange, secure links, secure dependency
- **Dieser Abschnitt:** Sichere Architekturen
 - Guard Objects
 - <<no down-flow>>
 - <<data security>>

- Ursprünglich (JDK 1.0): Sandkasten-Modell.
- Zu **simplistisch** und **restriktiv**.
- JDK 1.2/1.3: feinere Sicherheitskontrolle (signing, sealing, guarding objects, . . .)
- Aber: komplex, also Verwendung **fehleranfällig**.

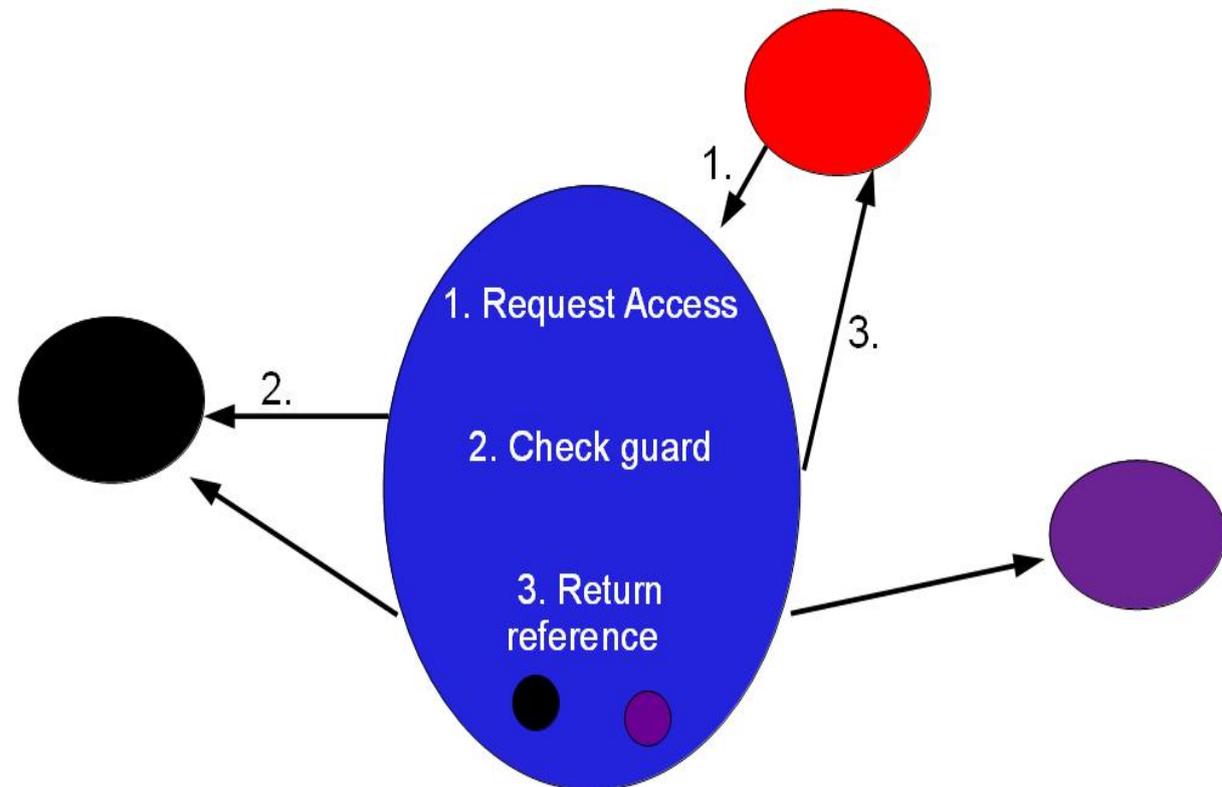
Berechtigungseinträge bestehen aus:

- **Schutzdomänen** (URL's und Signaturschlüssel).
- **Ziel-Ressourcen** (z.B. Dateien auf lokaler Maschine).
- Zugehörige **Berechtigungen** (z.B. read, write, execute).

- **Integritätsschutz** für Objekte nötig. → Verwendung zur Authentisierung oder Austausch zwischen JVMs.
- **SignedObject** enthält Objekt und seine Signatur.
- Für **Vertraulichkeitsschutz**: **SealedObject** = verschlüsseltes Objekt.

java.security.GuardedObject schützt Zugang zu anderen Objekten.

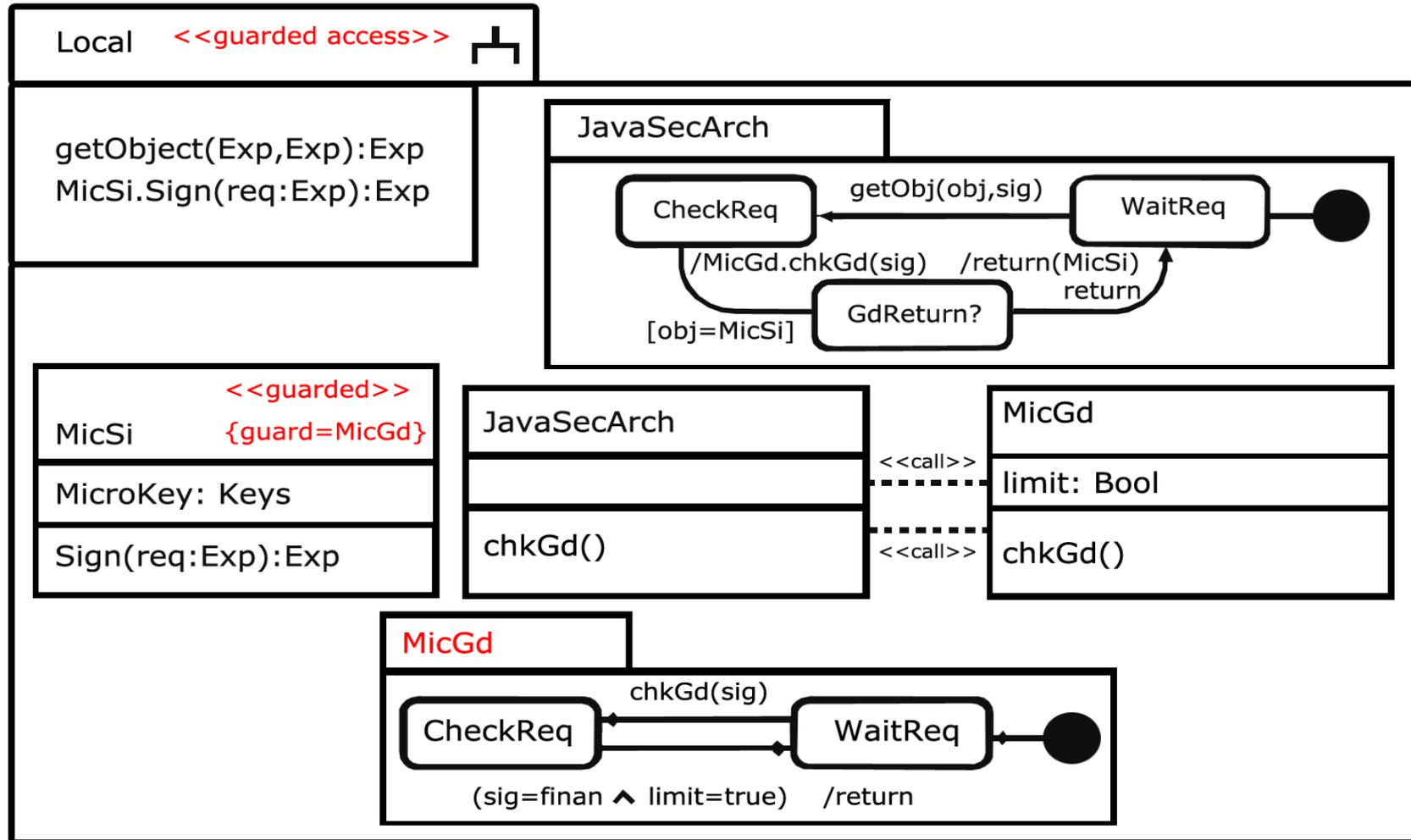
- Zugang über **getObject** Methode.
- **checkGuard** Methode in **java.security.Guard** kontrolliert Zugang.
- Gibt Referenz oder **SecurityException**.



- Rechtevergabe abhängig von **Ausführungskontext**.
- Zugangskontrollentscheidungen bezüglich verschiedener **Threads**.
- Können verschiedene **Schutzdomäne** betreffen.
- Methode **doPrivileged()** **unabhängig** von Ausführungskontext.

Gibt Werkzeuge zur Überprüfung.

- Zugangskontroll-**Anforderungen** für sensitive Objekte formulieren.
- **Guard objects** mit Zugangskontrollen definieren.
- Überprüfen:
 - Schutz der guard objects **hinreichend** ?
 - Zugangskontrolle konsistent mit **Funktionalität** ?
 - **mobile Objekte** hinreichend geschützt ?



Guarded objects korrekt eingesetzt ?

<<guarded access>>

Stellt sicher: in Java <<guarded>> Klassen nur durch {guard} Klassen aufrufbar.

Constraints:

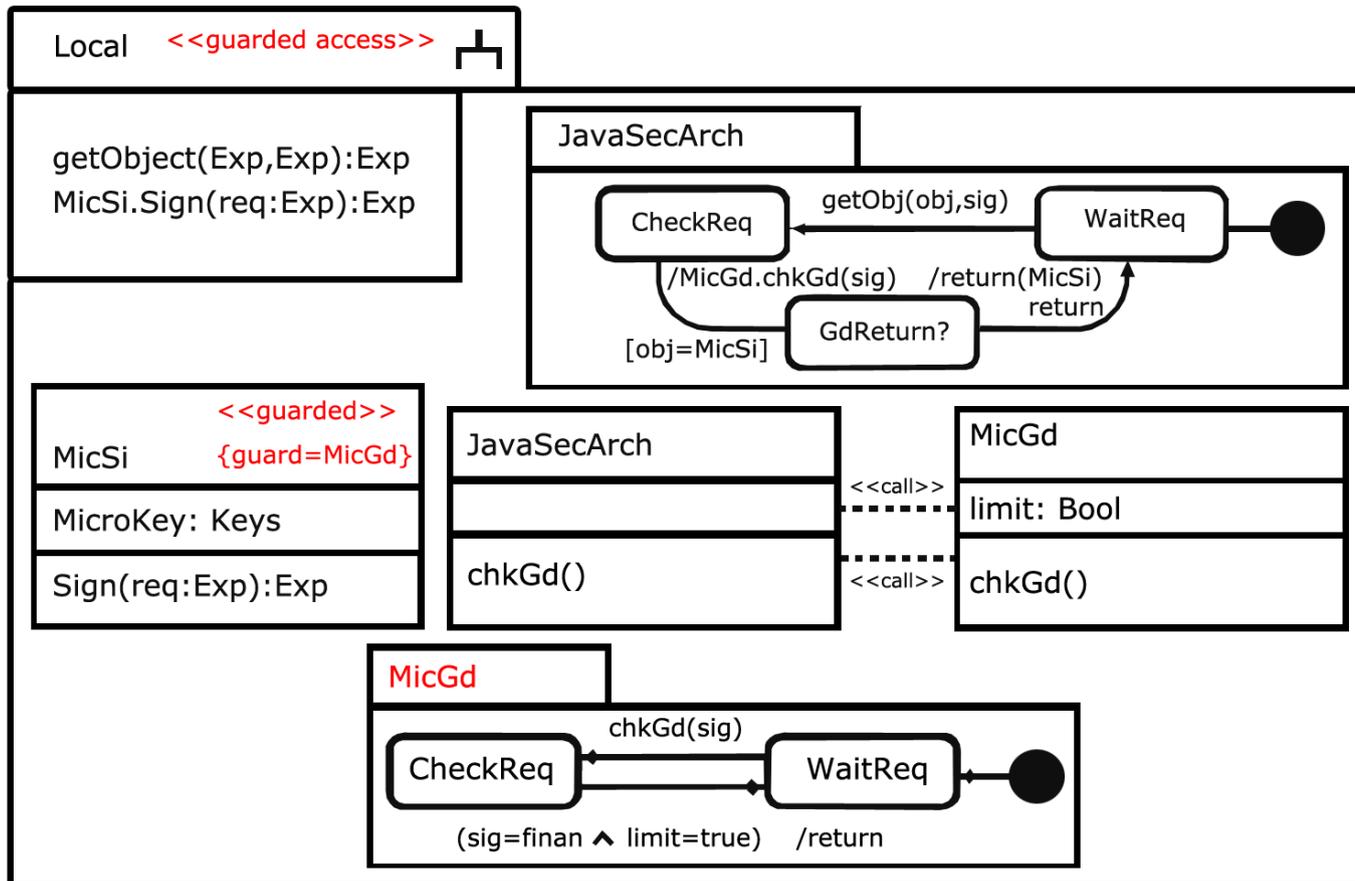
- Referenzen der <<guarded>> Objekte: geheim.
- Jede <<guarded>> Klasse durch zugehörige {guard} Klasse abgesichert.

Guarded Objekte

<<guarded access>>

- Jedes <<guarded>> Objekt im Teilsystem kann nur durch {guard} spezifizierte Objekte an den <<guarded>> Objekt angebracht, zugegriffen werden.
- Formal: Nehme an $name \notin K_A^p$ für Gagnertyp A unter Berücksichtigung das jeder Name $name$ einer Instanz von einem <<guarded>> Objekt ist, bedeutet, dass eine Referenz öffentlich nicht verfügbar ist.
- Annahme: für jeden <<guarded>> Objekt gibt es eine Statechart Spezifikation eines Objekts dessen Name in {guard} gegeben ist.
=> Um Weitergabe von Referenzen zu modellieren.

Example <<guarded access>>

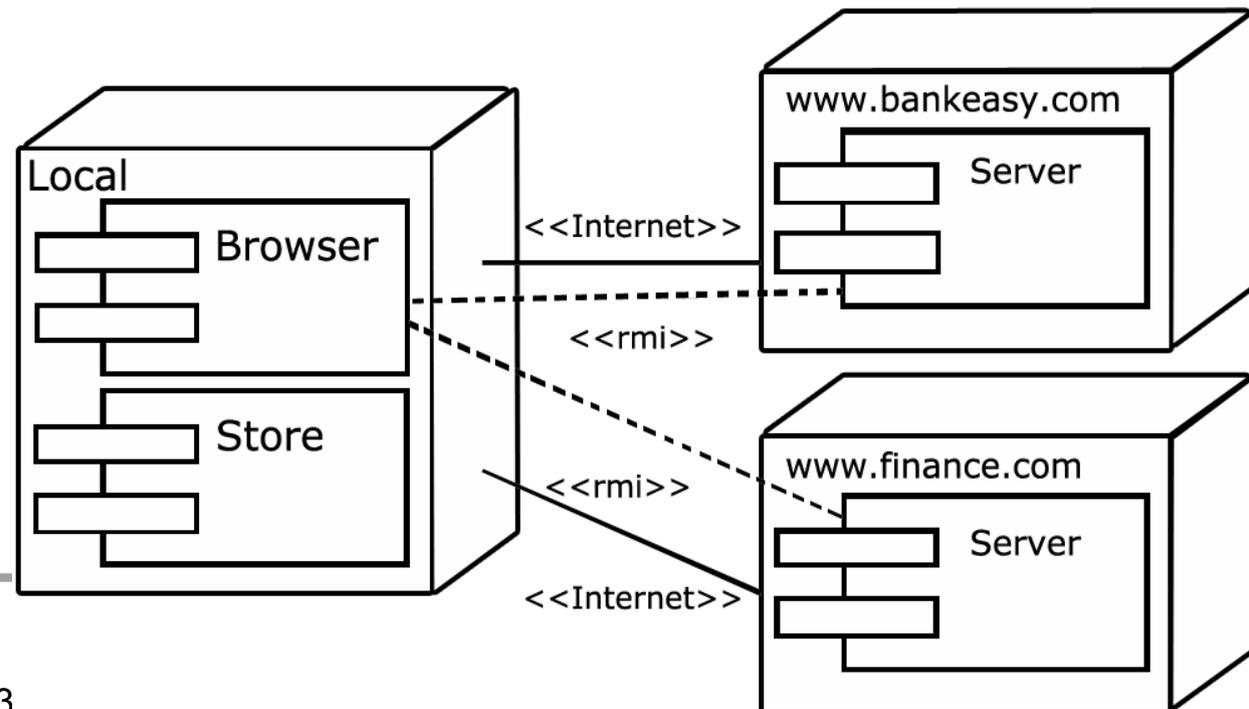


<<guarded access>> überprüft, dass Guard korrekt definiert.

Beispiel: Finanz-Anfrage

Internetbank bankeasy.com und Finanzberater finance.com bieten Dienstleistungen an. Applets benötigen Privilegien:

- Signierte Applets von der Bank: Daten zwi. 13 und 14 Uhr **lesen** und **schreiben** dürfen.
- Signierte Applets vom Finanzdienstleister: Micropayment-Schlüssel 5 mal die Woche nutzen dürfen.



Guarded Objects

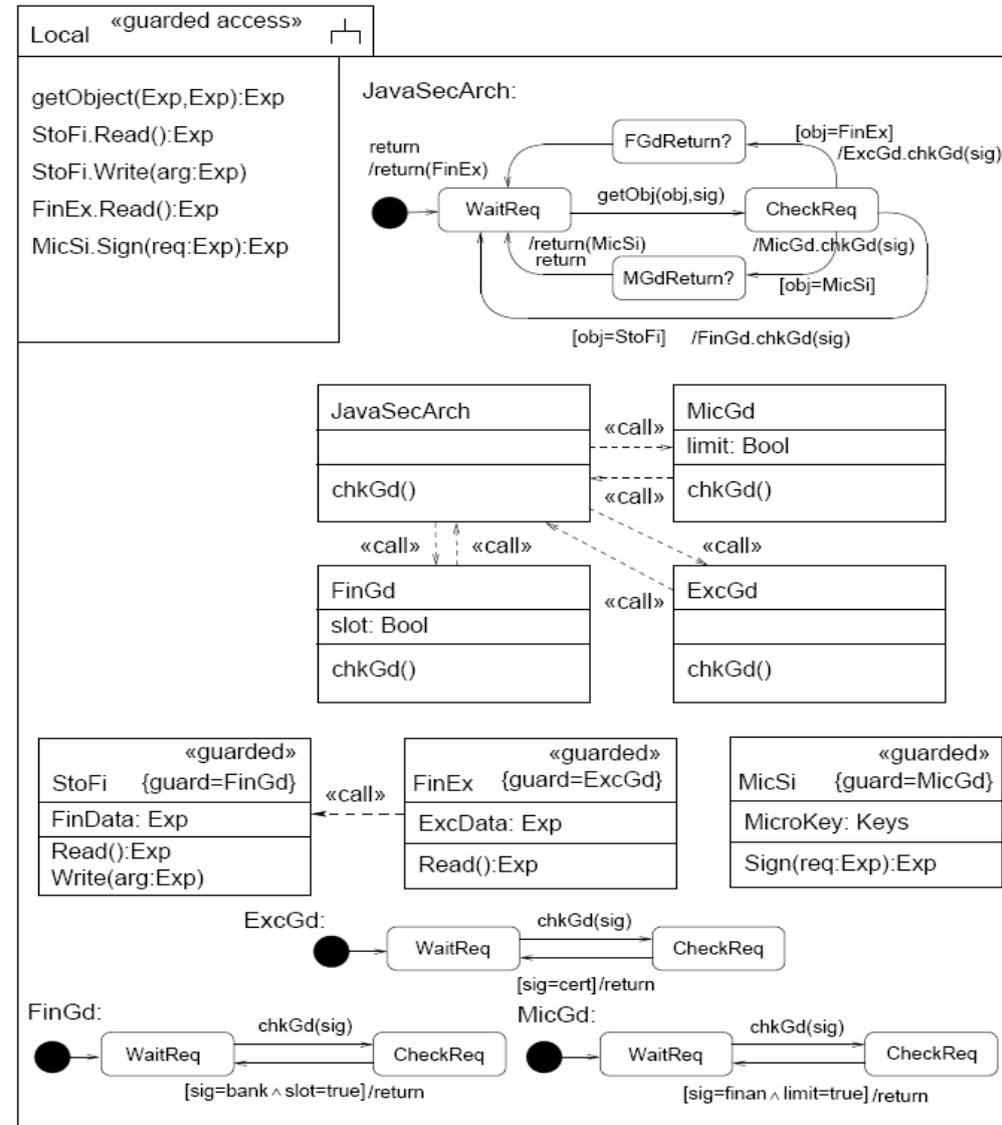
<<guarded access>>

Beispiel:

- Darstellung mit einer webbasierten Finanzanwendung.
- Zwei Organisationen bieten Services für lokale Benutzer über Internet:
 - Internetbank, Bankeasy
 - Finanzberater, Finanz.
- Nutzen folgende Services:
 - Lokale Kunden benötigt um den Applets Privilegien zu gewähren.
- Zugang zu lokalen Finanzdaten realisierbar durch Nutzung von GuardedObjects.

Guarded <<guarded>>

- <<guarded>> benennt Objekte im Umfang von <<guarded access>> die vermutlich geschützt werden sollen.
- Tag:
 - {guard} Name von entsprechendem guard Objekt.
- <<guarded>> Objekte
 StoFi, FinEx, MicSi
 geschützt durch jeweilige {guard}
 Objekte
 FinGd, ExpGd, MicGd.

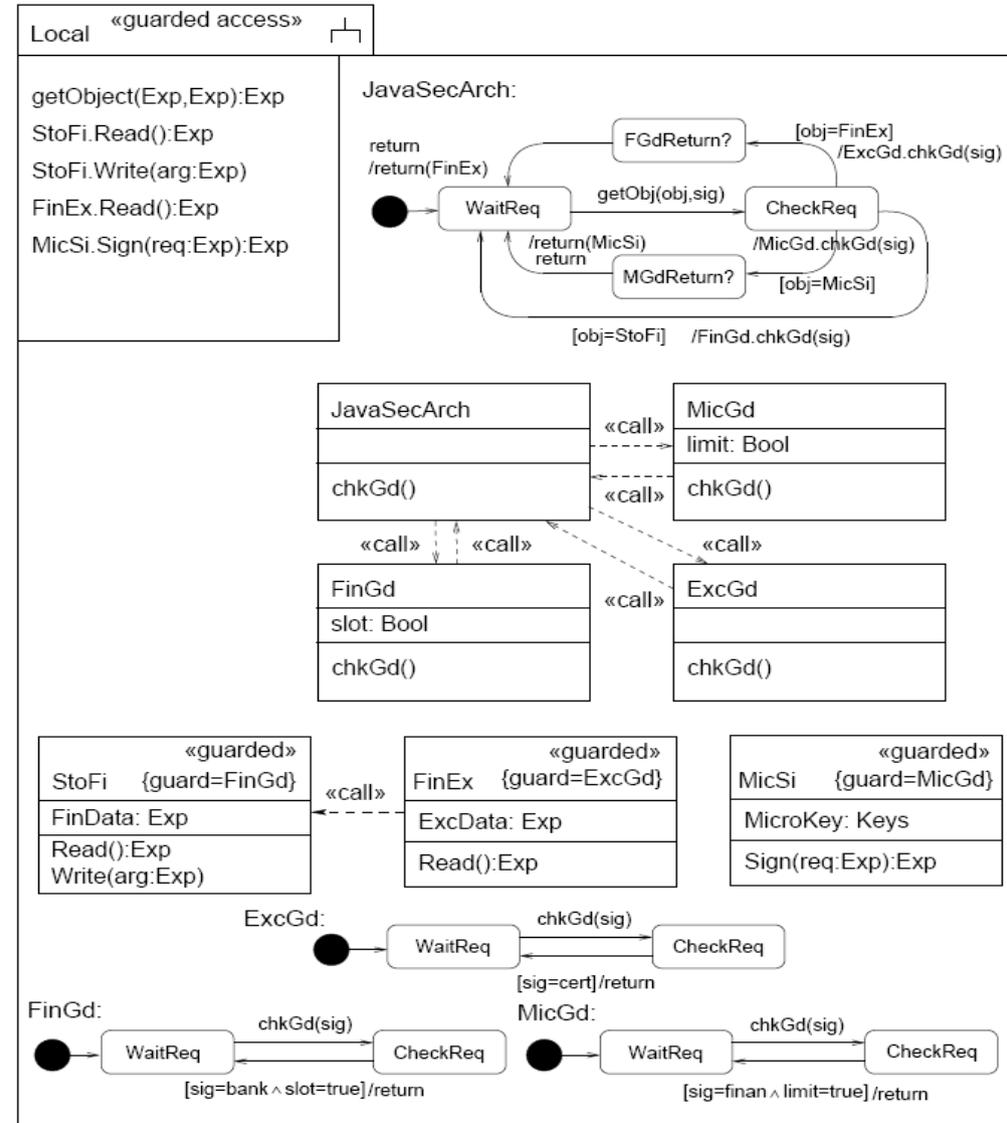


Guarded Objekte

<<guarded access>>

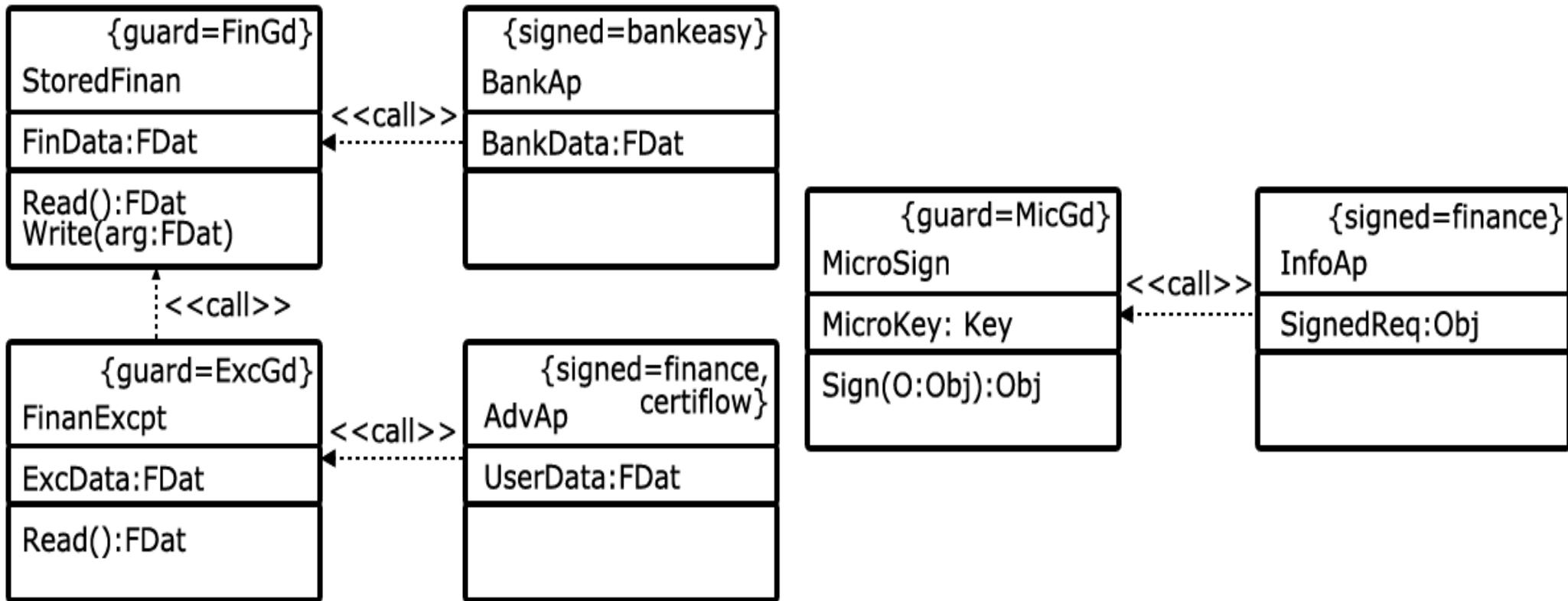
Vereinfachter relevanter Teil von Java Sicherheitsarchitektur

- Erhält Anfragen für Objektreferenzen.
- Sendet sie zu den guard Objekten der drei guarded Objekte.
- <<guarded>> Objekte **StoFi**, **FinEx**, und **MicSi** können nur über ihren dazugehörigen Guard zugegriffen werden.
 - Teilsysteminstanzen führen die Bedingung mit zugehörigem <<guarded access>> bzgl. Standardgegner.



Für Integrität und Vertraulichkeit: Daten als **Signed-** und **Sealed-**Objekte über Internet senden.

GuardedObjects kontrollieren Zugriff.



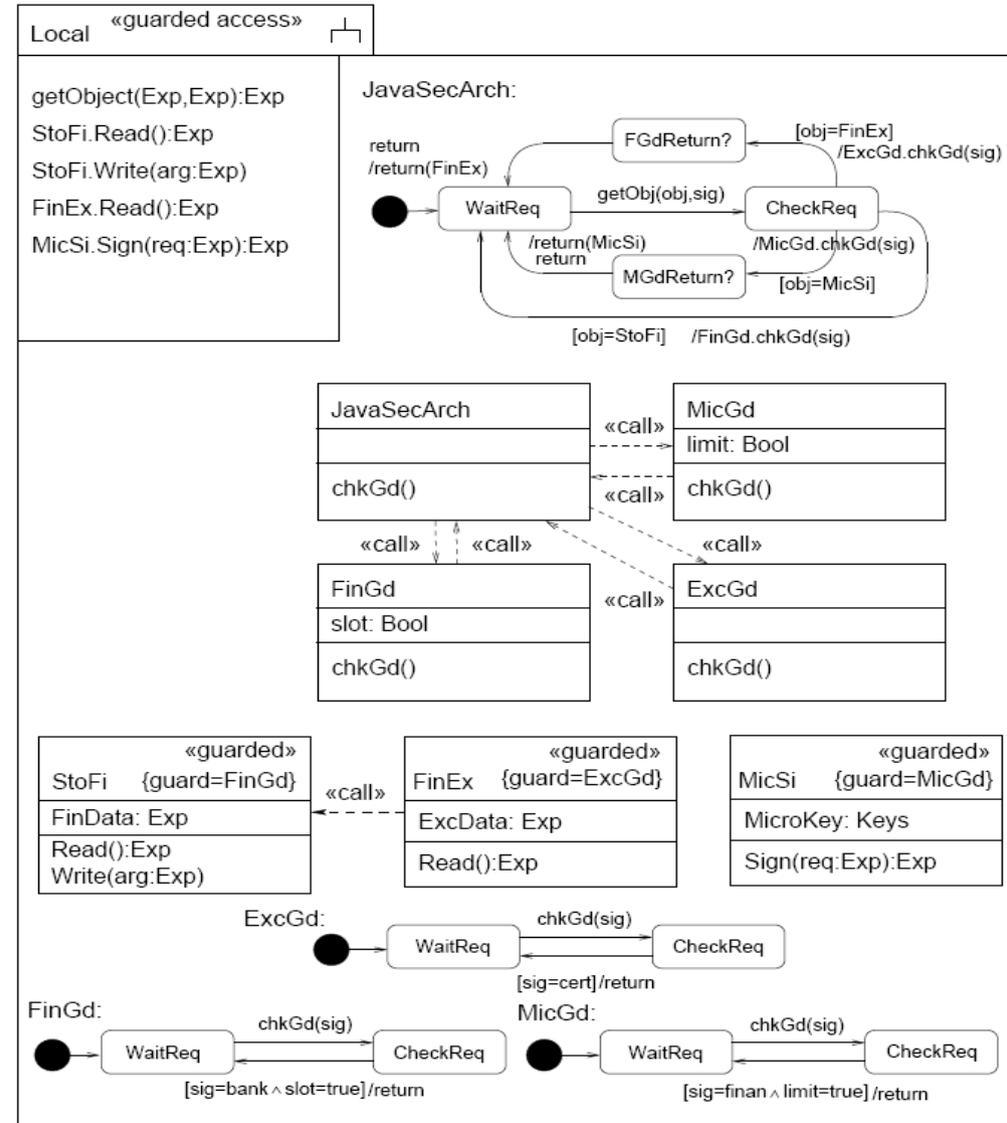
Guarded Objekte Beispiel

Zugriffskontrolle durch Guard Objekte
FinGd, **ExpGd**, und **MicGd** durchgeführt.

- Verhalten ist spezifiziert.

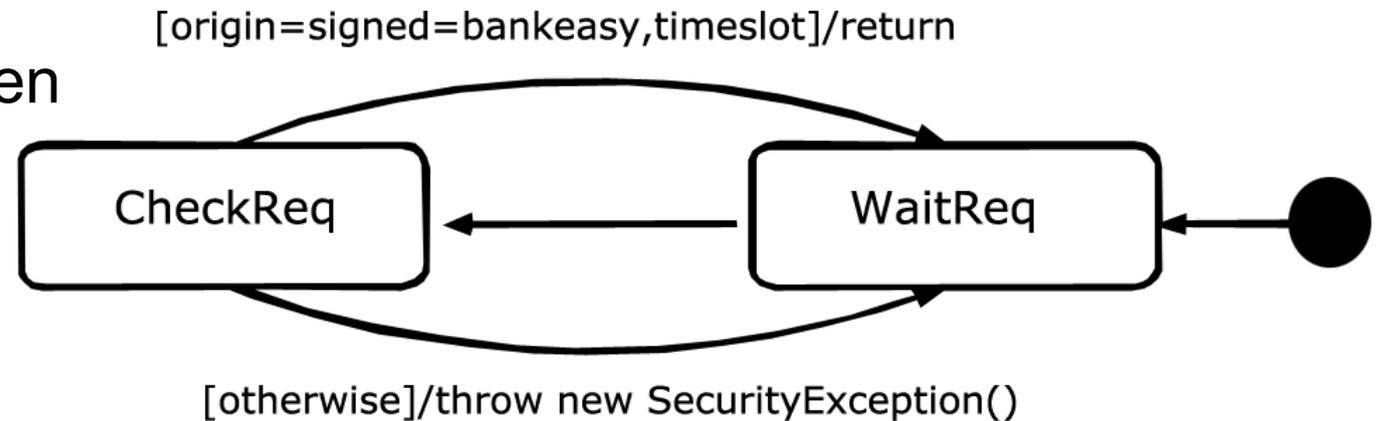
Applets signiert durch die Bbank

- Lesen und schreiben der im lokalen Datenspeicher gespeicherten Finanzdaten, nur zwi. 13-14 Uhr.
- Durchgesetzt durch das FinGd guard Objekt.
 - Bedingungsslot ist erfüllt wenn und nur wenn zwi. 13-14 Uhr ist.

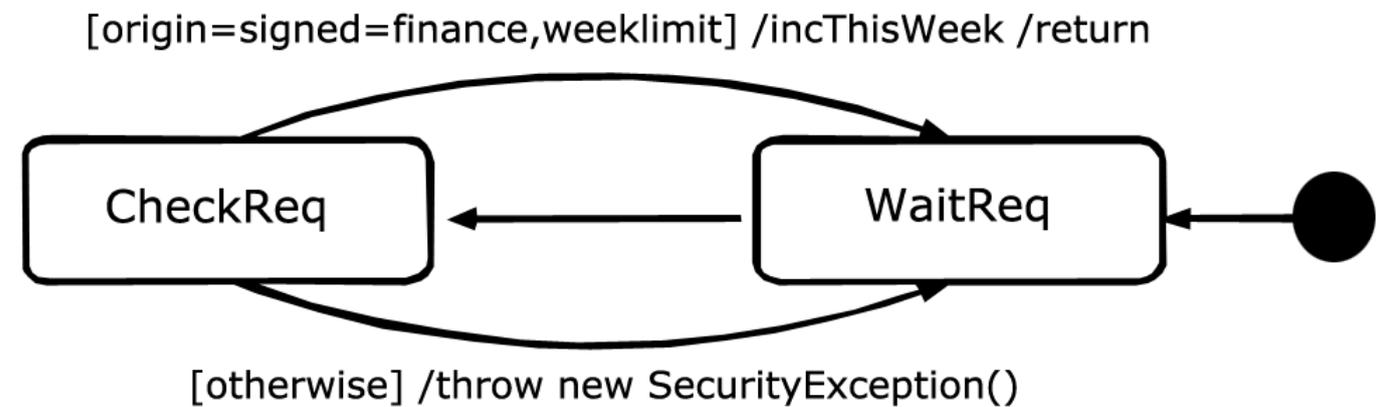


Finanz-Anfrage: Guard Objects (Schritt 2)

- **timeslot** *true* zwischen
13 und 14 Uhr.



- **weeklimit** *true* bis
Zugang fünf mal
gewährt wird;
- **incThisWeek** erhöht
Zähler.



Guard Objekt gibt **genügend Schutz** (Schritt 3):

- **Analyse-Ergebnis:** UML Spezifikation für Guard Objekte erteilt Zugangs-anforderungen implizierte Genehmigungen.
 - z.B.: Annahme: aktuell ausgeführtes Applet stammt von Finance und ist signiert.
 - Einsatz genutzter Micropayment Key weniger als 5 mal.
 - Zugriff gewähren.

Zugangskontrolle konsistent mit **Funktionalität** (Schritt 4):

- **Analyseergebnis:** Jedes Objekt, das laut Spezifikation Zugriff auf guarded Objekt erhalten soll, erhält diesen auch.
- **Mobile Objekte** ausreichend geschützt (Schritt 5): über Internet gesendete Objekte sind signiert und versiegelt.

- Objekt-Zugangskontrolle kontrolliert **Zugang** von Client zu **Objekt** über gegebene **Methode**.
- Realisiert durch ORB und Security Service.
- **Access Decision Functions** entscheiden, ob Zugang erlaubt.
Abhängig von:
 - Aufgerufener **Operation**,
 - **Privilegien** des Principals, in dessen Vertretung der Client agiert,
 - **Kontrollattribute** des Zielobjektes.

- Traditioneller Weg Sicherheit in Computersystemen zu gewährleisten: **multi-level secure** Systeme (verschiedene Stufen der Sensibilität von Daten).
- Zur Einfachheit, zwei Sicherheitsstufen: **high**, bedeutet starke Sensibilität oder stark gesichert, und **low**, bedeutet weniger Sensibilität oder weniger gesichert.
- Wo gesicherte Teile eines Systems mit unsicheren Teilen interagieren, muss man gewährleisten, dass es keine “indirect leakage” von empfindlichen Informationen von einem sicheren zu einem unsicheren Teil gibt.

- Sicheren Informationsfluss gewährleisten → “no down-flow” Regel durchführen: **niedrige** Daten können **hohe** Daten beeinflussen aber nicht vc. vs..
- Gegenteil, “no up-flow“, erzwingt, dass nicht vertrauenswürdige Teile eines Systems indirekt hohe Daten nicht manipulieren kann: **hohe** Daten können **niedrige** Daten beeinflussen aber nicht vc. vs..
- Diese Sicherheitsanforderungen, **sicherer Informationsfluss** oder **non-interference**: strikte Definitionen der Sicherheit und Integrität, welche implizite Informationsflüsse erkennen kann → **covert channels**.

- Alternativer Weg von Spezifizierung **secrecy-& integrity-like** Anforderungen.
- Schutz gegen partieller Informationsfluss.
- Kann schwieriger sein, insb. beim Umgang mit Verschlüsselung.
- Für jeden Teil des Datensystems eine der zwei Sicherheitsstufen:
 - **hoch**, sehr vertrauenswürdig.
 - **niedrig**, weniger vertrauenswürdig.

Gegeben Menge von Nachrichten **H** und Folge **m** von Multimengen:

- m^H Nachrichtennamen für Folge von Ereignismultimengen beim Löschen aller Ereignisse, die nicht in **H** sind.
- m_H Nachrichtennamen für Folge von Ereignismultimengen beim Löschen aller Ereignisse, die in **H** sind.

Definition: Gegeben sei ein Teilsystem S und eine Menge von hohen Nachrichten H :

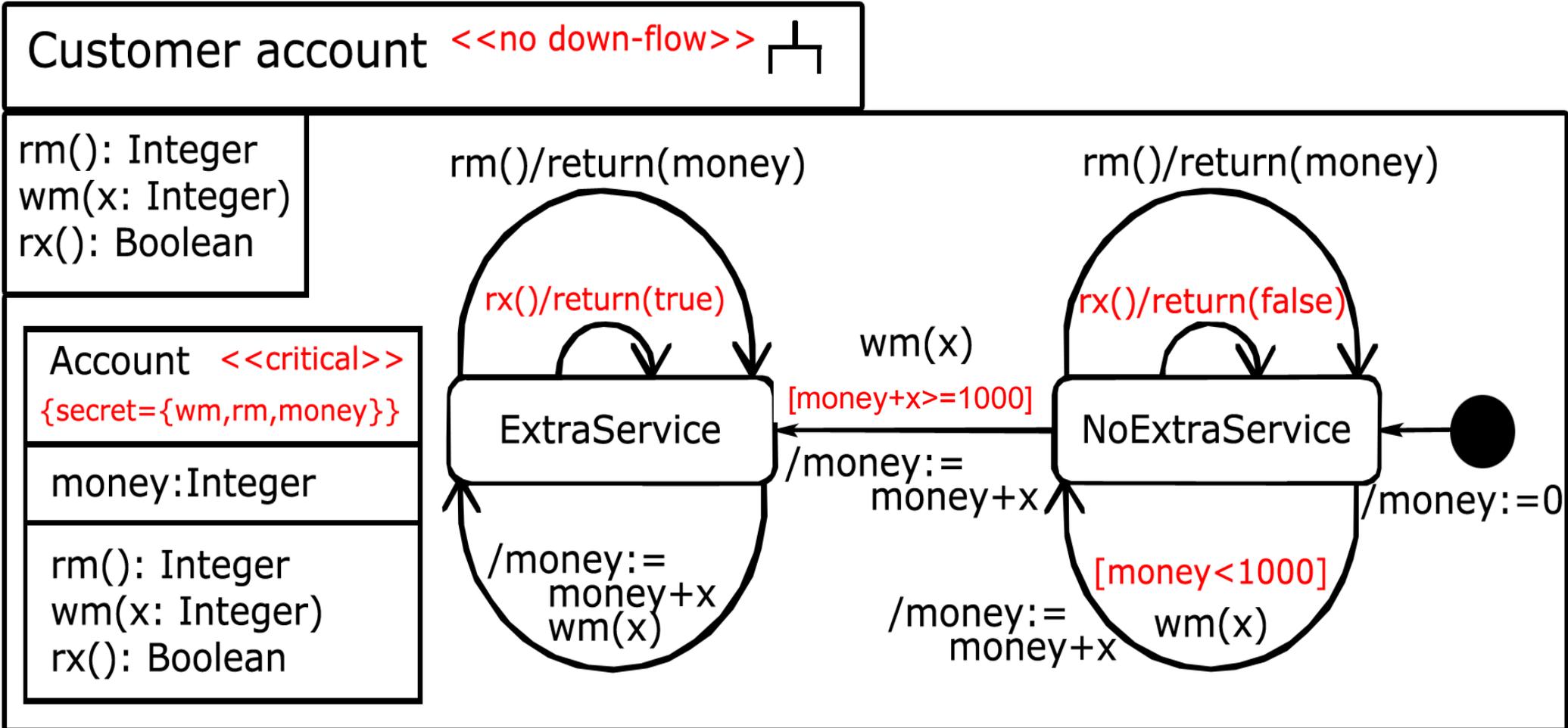
- A verhindert **down-flow** gegenüber H , wenn für beliebige zwei Sequenzen $i; j$ von Ereignis Multimengen und beliebige 2 Ausgangssequenzen:
◦ $o \in [[S]]_A(i)$ und $p \in [[S]]_A(j)$, $i_H = j_H$ impliziert $o_H = p_H$ und
- A verhindert **up-flow** gegenüber H , wenn für beliebige zwei Sequenzen $i; j$ von Ereignis Multimengen und beliebige Ausgangssequenzen:
◦ $o \in [[S]]_A(i)$ und $p \in [[S]]_A(j)$, $i^H = j^H$ impliziert $o^H = p^H$.

Intuitiv:

- **Down-flow** verhindern: Ausgabe einer nicht-hohen (oder **niedrigen**) Nachricht hängt nicht von **hohen** Eingaben ab.
 - Strikte Sicherheitsanforderungen für als **hoch** markierte Nachrichten.
- **Up-flow** verhindern: Ausgabe eines **hohen** Wertes hängt nicht von **niedrigen** Eingaben ab.
 - Strikte Integritätsanforderungen für als **hoch** markierte Nachrichten.

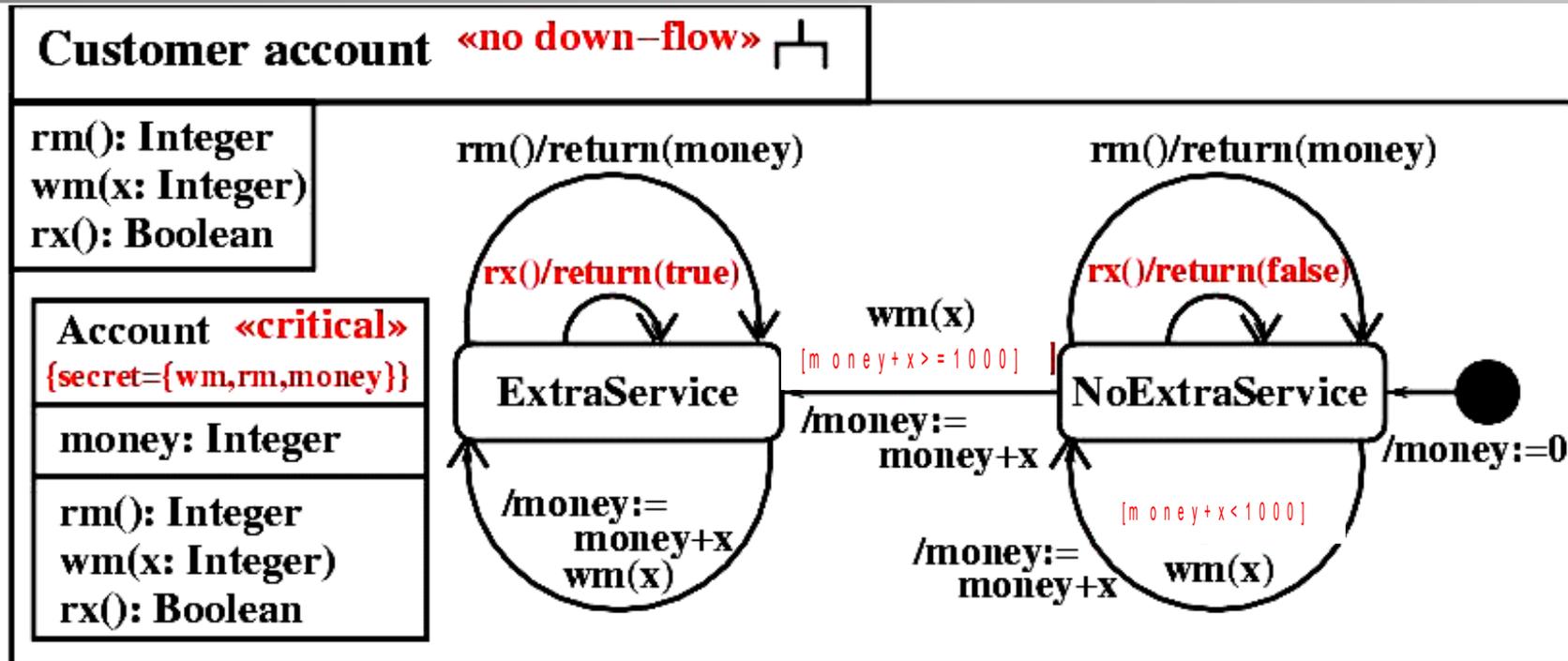
→ Verallgemeinerung von „non-interference“ für deterministische Systeme zu Systemmodellen, die auf Grund Unterspezifizierung nicht deterministisch sind.

Frage



Keine partielle Preisgabe von Geheimnissen?

Sicherer Informationsfluss: Beispiel



- Geheimes Attribut **money** beinhaltet Kontostand eines Kunden.
 - Lesbar durch **rm()**: Rückgabewert auch geheim.
 - **Money** durch die Operation **wm(x)** erhöhen.
- Wenn **money** 1000 übersteigt, zu State **ExtraService** übergehen.
- Öffentliche Operation **rx()**: prüft, ob zusätzl. Dienstleistungen erbracht werden soll.

<<no down-flow>>

Stelle sicheren **Informationsfluss** sicher.

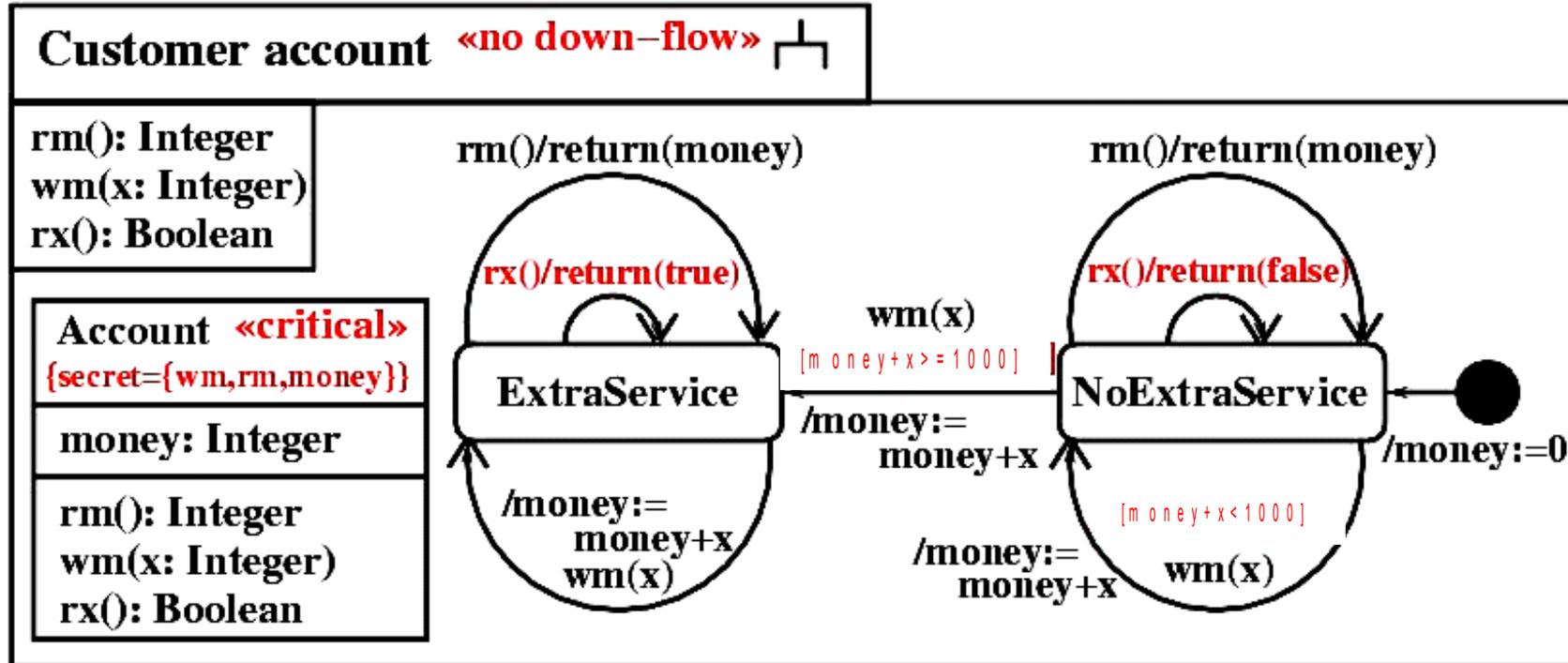
Bedingung:

- Jeder als `{secrecy}` spezifizierter Datenwert beeinflusst **nur** als `{secrecy}` spezifizierte Datenwerte.

Bedingung mit Bezug auf formale Ausführungsemantik formalisierbar.

- Verhindert indirekten Verlust aus jeder Teilinformation über hohe Daten durch nicht-hohe Daten in `<<no down-flow>>`.
 - Durchführung von sicherem Informationsfluss durch Nutzen von `{high}` assoziiert mit `<<critical>>`.
- Intuitiv: Wert von beliebigen Daten in `{secrecy}` kann **nur** die Werte von Daten in `{secrecy}` beeinflussen.
- Präzisierung: formalisieren anhand formale Verhaltenssemantiken: Einschränkung für `<<no down-flow>>` (resp. `<<no up-flow>>`) ist, dass UML machine `Exec[[S]]` für Teilsystem `S` `down-flow` (resp. `up-flow`) gegenüber in `<<high>>` spezifizierte Nachrichten und ihre Antwortnachrichten verhindert.
- Beobachtbare Information über Kundenkonto soll keinen Rückschluss über Kontostand zulassen.

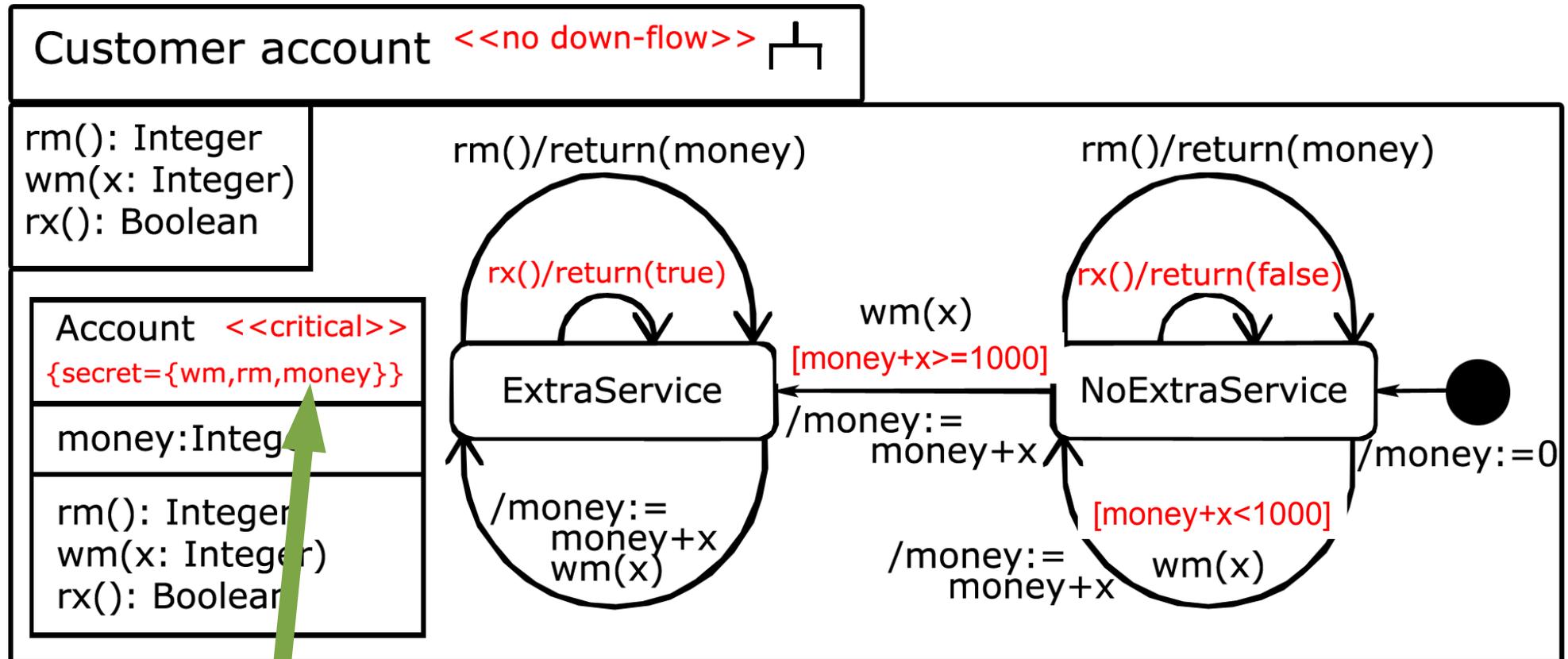
Sicherer Informationsfluss: Beispiel



Mit «no down-flow» spezifizieren, dass Objekt keine Informationen über sichere Daten (wie Attribut money) herausgeben soll.

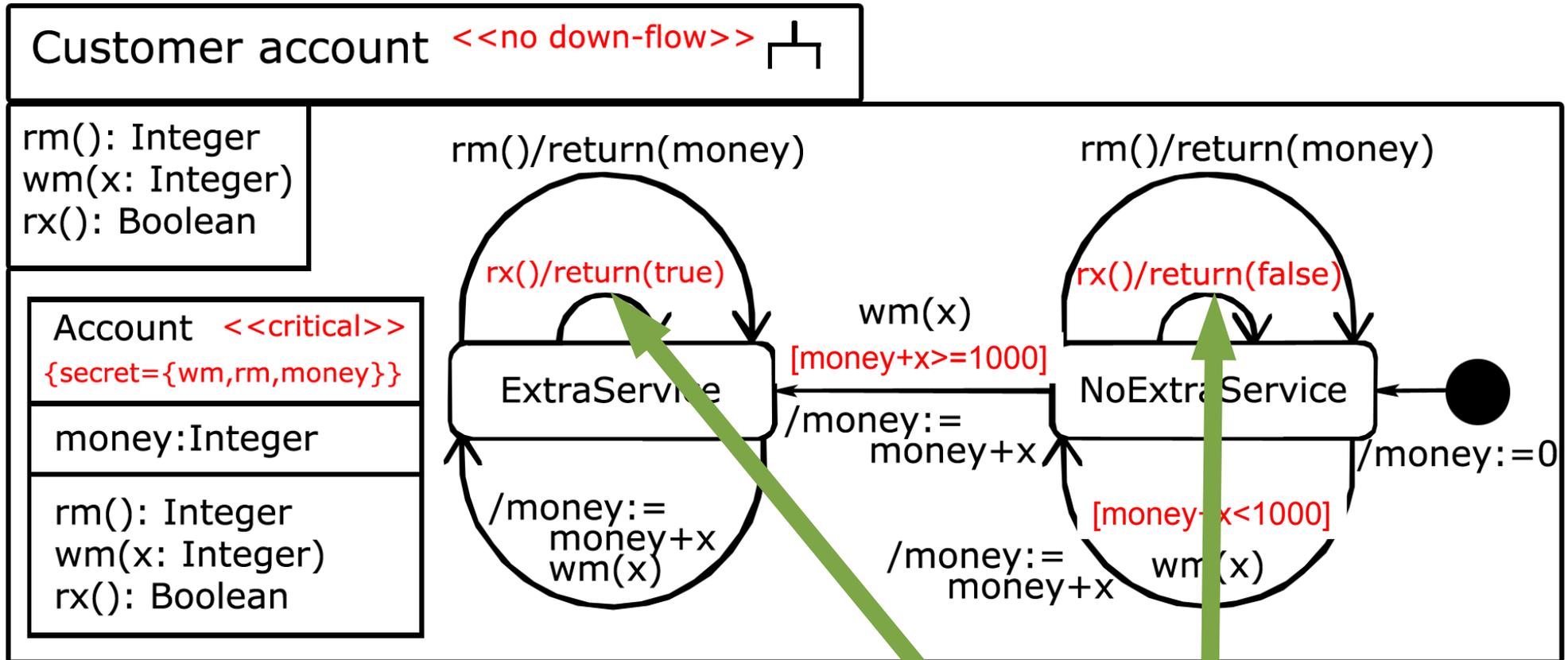
Kein partieller Verlust von Geheimnissen ?

Sicherer Informationsfluss: Beispiel



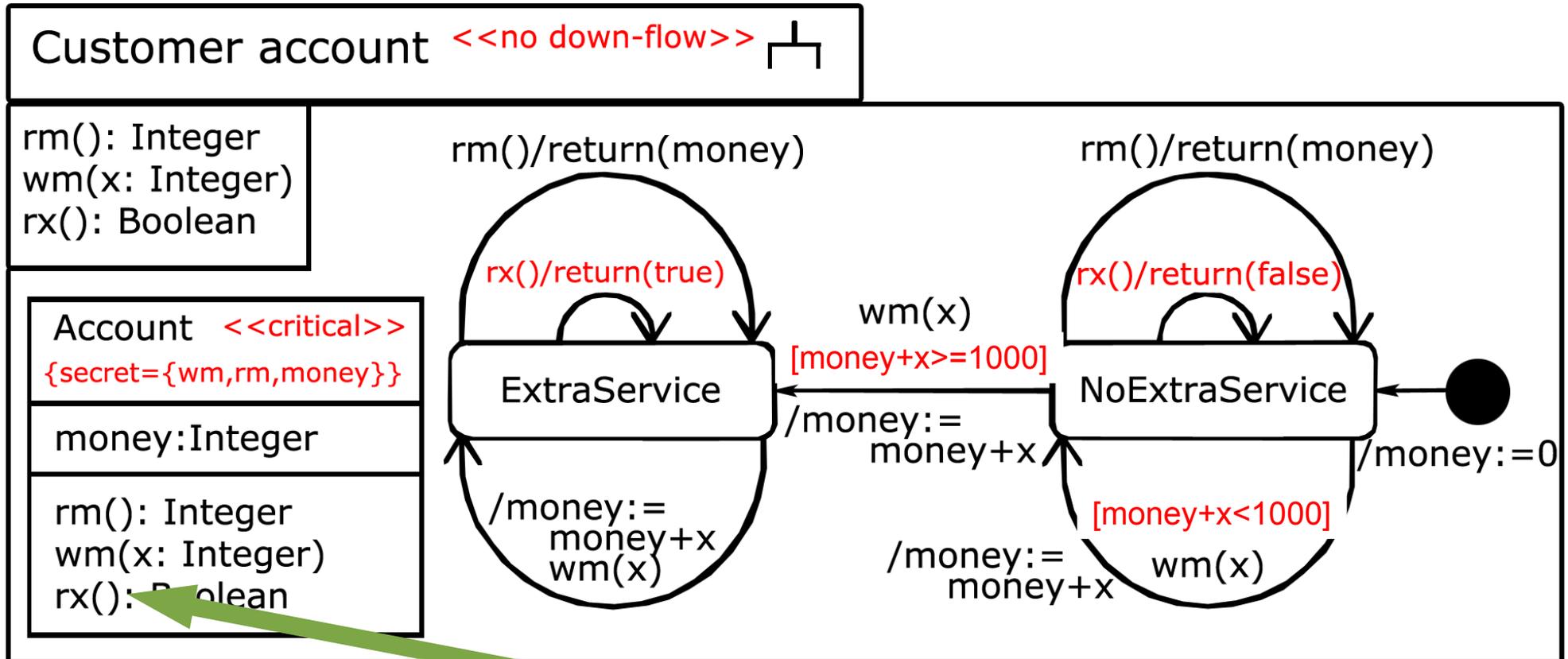
Information über
„money“ nicht offen legen

Sicherer Informationsfluss: Beispiel



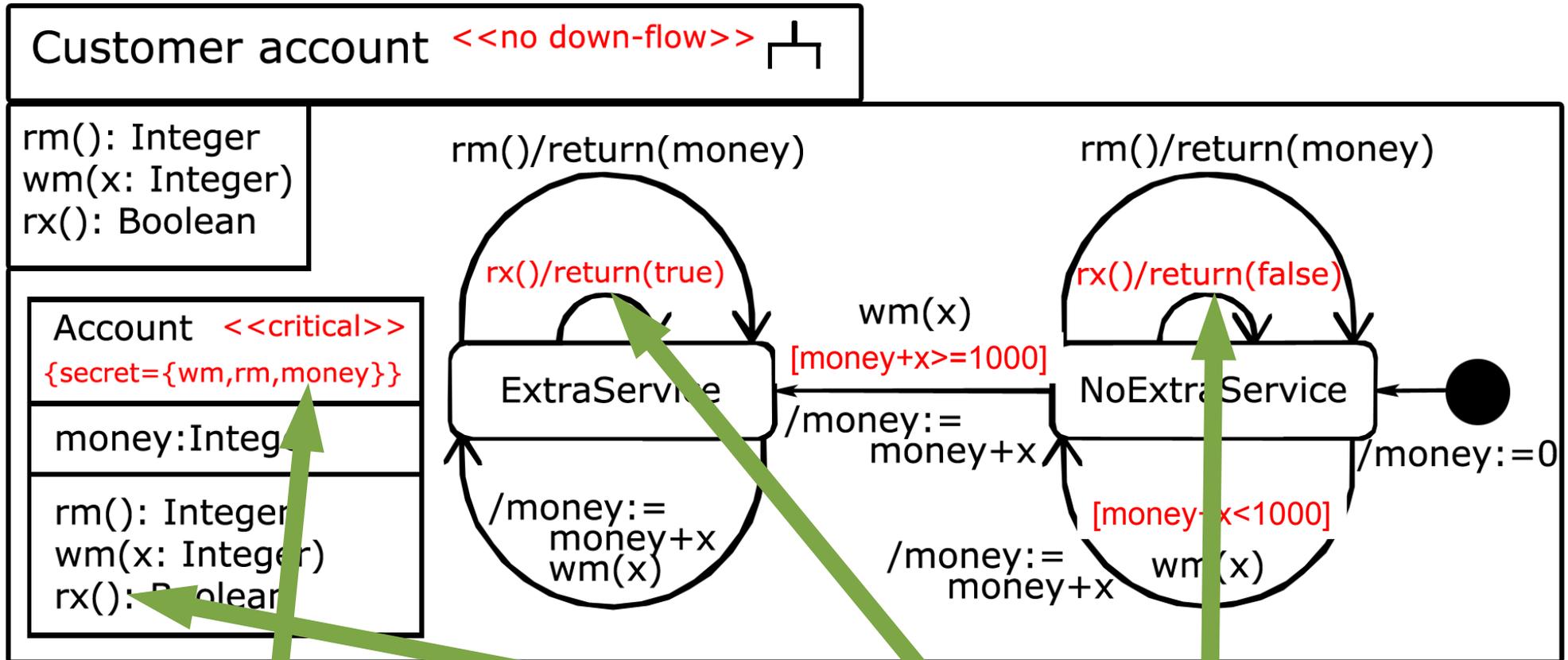
money < 1000
money >= 1000

Sicherer Informationsfluss: Beispiel

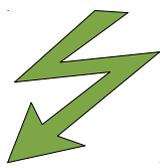


Externer Zugang

Sicherer Informationsfluss: Beispiel



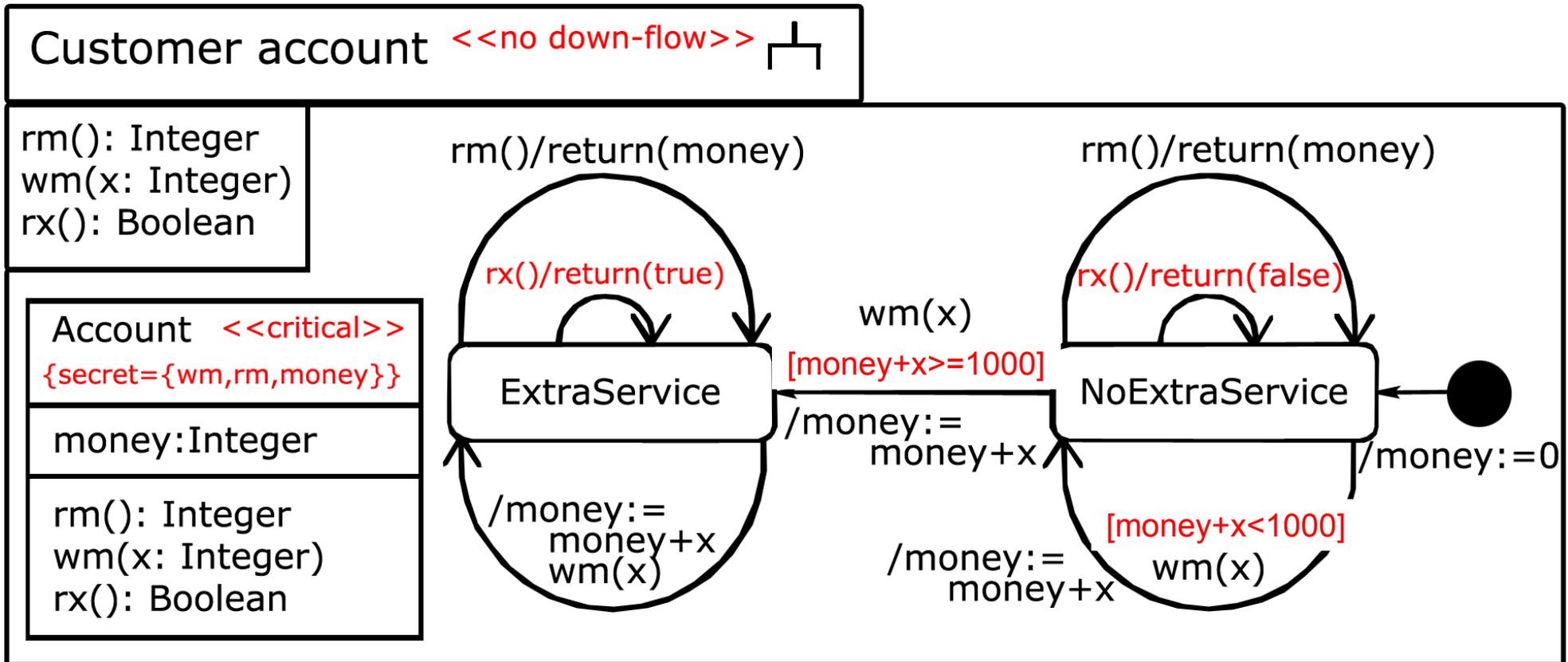
Information über
„money“ nicht
offen legen



Externer Zugang +

money < 1000
money >= 1000

Sicherer Informationsfluss: Beispiel



<<no down-flow>> verletzt: Partielle Information über Geheimnis von **wm()** vom nicht geheimen **rx()** zurückgegeben.

Wie das unterliegende Formalismus den Sicherheitsfluss unter Benutzung der vorherigen Definition erfasst:

- Sequenzen $i; j$ von Eingabe Multimengen
- Sequenzen $o \in [[A]](i)$ und $p \in [[A]](j)$ von Ausgabe Multimengen der UML Machine A gegeben durch das Verhalten der betrachteten Statechart
- mit $i_H = j_H$ und $o_H \neq p_H$, wobei H Folge von hohen Nachrichten ist.
- Betrachte die Sequenzen
 - $i := (\{\{wm(0)\}\}; \{\{rx()\}\})$
 - $j := (\{\{wm(1000)\}\}; \{\{rx()\}\})$.

Gegeben $i_H = (\{\{\ \}, \{\{ rx() \}\}) = j_H$.

Definition von Verhaltenssemantiken der Statecharts, gibt Ausgangs-Multimengen:

- $o := (\{\{\ \}, \{\{ return(false) \}\}) \in [[A]](i)$.
- $p := (\{\{\ \}, \{\{ return(true) \}\}) \in [[A]](j)$.

=>

- $o_H = (\{\{\ \}, \{\{ return(false) \}\}) \neq (\{\{\ \}, \{\{ return(true) \}\}) = p_H$

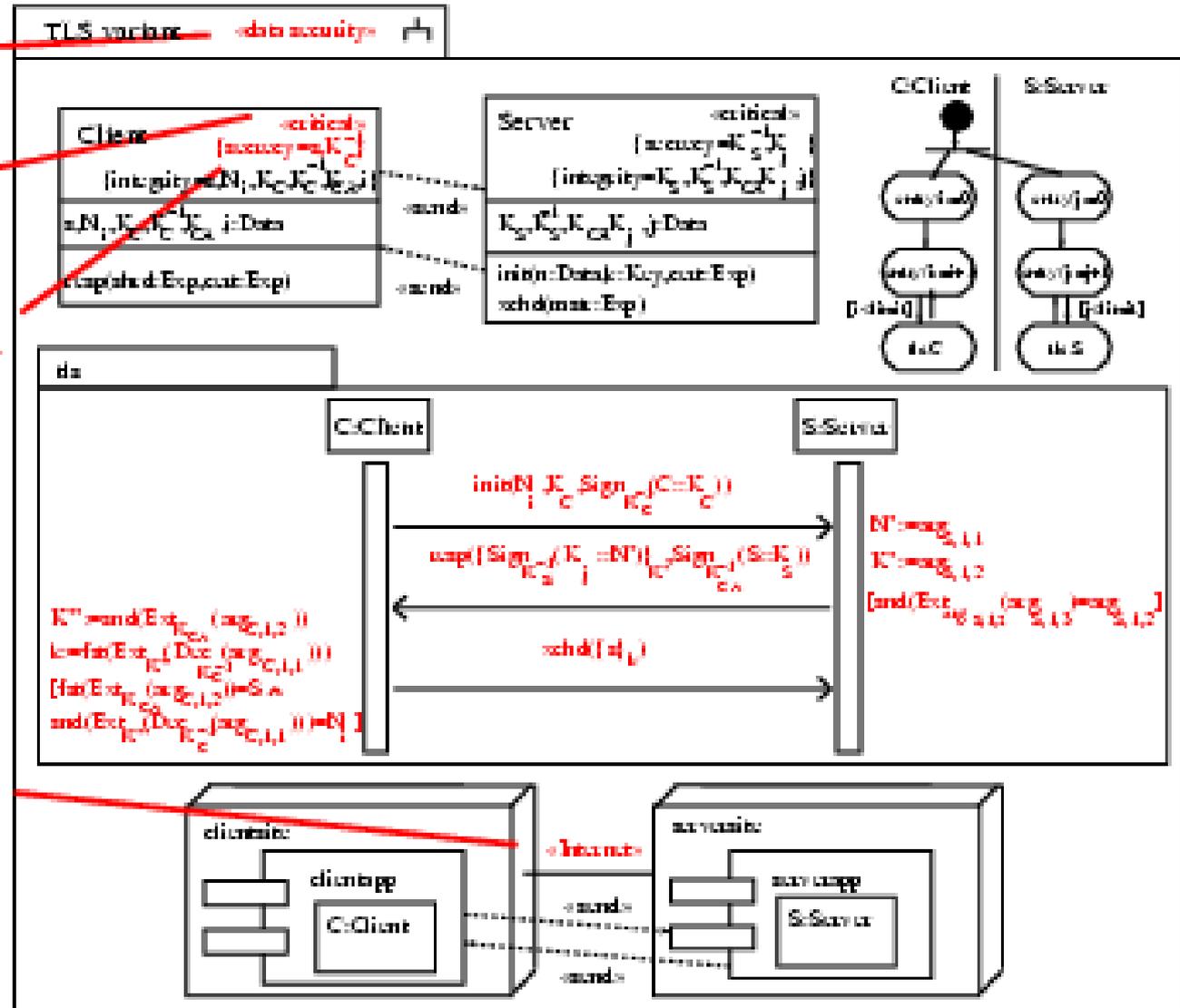
Bedeutet, dass die Bedingung **<<no down-flow>>** verletzt ist.

Automatisch erkennbar mit Werkzeugunterstützung.

«data security»

«critical»

{secrecy = {s, K_C^{-1} }}



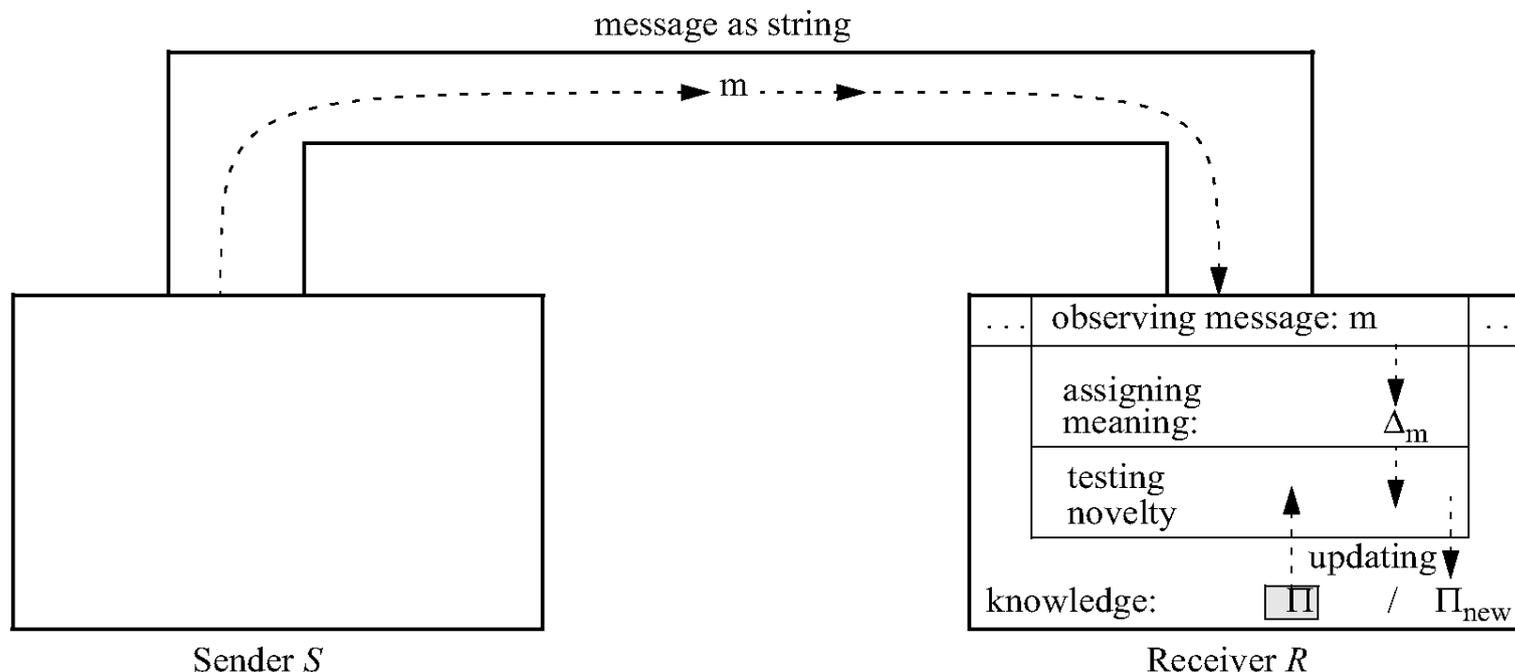
Variante von TLS
(INFOCOM`99).
Kryptoprotokoll sicher
gegen **Standard-**
Angreifer?

«Internet»

- Eine gesendete Nachricht ist nicht unbedingt *sinnvoll* bezüglich des Inhalts für ein Empfänger oder andere *Beobachter*
- Es kann passieren und sogar sinnvoll sein, dass ein beobachteter String zufällig und ohne Information auftaucht:
aus der Sicht des Beobachters hat die Nachrichtenübertragung kein Informationsfluss verursacht
- In anderen Fällen gelingt es dem Beobachter dem beobachteten String eine Bedeutung zuzuweisen, ungefähr wie folgend:
 - ermittelt eine Behauptung, die die Wahrheit einiger Aspekte seiner Überlegungen ausdrückt;
 - wenn zusätzlich Beobachter diese Wahrheit neu erlernt, dann hat die Nachrichtenübertragung aus der Sicht des Beobachters einen Informationsfluss verursacht

Informationsfluss basiert auf Nachrichternübertragung

1. Eine Nachricht beobachten: Betrachte ein String m
2. Bedeutung zuordnen: Bestimme einen Urteil Δ_m
3. Wissen ausdrücken: Voraussetzung Π bilden als Sammlung von Urteilen
Neuheit testen: Folgern ob $\Pi \Delta_m$ impliziert
4. Wissen updaten: Falls neu (nicht impliziert), füge Δ_m zu Π hinzu und umstellen, Ergebnis in Π_{new} .



- Eine Nachrichtenübertragung muss nicht unbedingt zu einem Informationsfluss für jeden Beobachter führen.
- Manchmal muss Beobachter Schlussfolgerungen folgern um eine Nachrichtenübertragung als ein Informationsfluss aus seiner Sicht aus zu erscheinen.
- Für eine solche Schlussfolgerung kann der Beobachter a priori Wissen, wie einem vorher erhobenen Schlüssel, nutzen
- Für tatsächlichen Inferenz,
- Beobachter benötigt entsprechende Rechenmittel

Stellt sicher:

- **Sicherheitsanforderungen** an als <<critical>> markierte Daten.
 - Bedrohungsszenario aus zugehörigem Verteilungsdiagramm (Deployment-Diagramm) zugrunde legen.

Constraints:

- Als {secrecy}, {integrity}, {authenticity}, {fresh} markierte Daten,
- Erfüllen auf Basis der Ausführungssemantik der UML Diagramme formalisierten Sicherheitsanforderungen. (Einzelheiten s. nächster Vorlesungsabschnitt.)

- Sicherheitsanforderungen der als <<critical>> markierten Daten gegen Bedrohungsszenarien von Verteilungsdiagramm durchgesetzt.
- Einschränkungen: Als {secrecy}, {integrity}, {authenticity}, {fresh} markierte Daten erfüllen jeweilige formalisierte Sicherheitsanforderungen.
- Einschränkung mit <<data security>> erfordert, dass diese Anforderungen bzgl. Angegebenes Gegnermodell erfüllt sind.
- Formalisierung dieser Abschnitt wird im nächsten Abschnitt diskutiert.

- Teilsystem **S** der <<data security>> berücksichtigt Datensicherheitsanforderungen durch <<critical>> und die im Teilsystem enthaltenen zugehörige Tags bzgl. der Bedrohungsszenario aus der Verteilungsdiagramm und des Gegenertyps **A** in {adversary}

Präziser: Einschränkungen gegeben durch vier Bedingungen, die die Konzepte der **secrecy**, **integrity**, **authenticity**, und **freshness** nutzen.

- **secrecy**: Teilsystem bewahrt Geheimhaltung der Daten bezeichnet durch {secrecy} gegen Gagnertyp **A**.
- **authenticity**: Für jede (a,o) von {authenticity}, bewahrt **S** die Authentizität von Attribut **a** bzgl. seines Ursprungs **o** gegen Gagnertyp **A**.

- **integrity**: {integrity} von <<critical>> mit einem Wert (v, E) , Subsystem bewahrt die Integrität der Variable v gegen Gegnertyp A , bzgl. E der zulässigen Ausdrücke.
 - Falls E ausgelassen: Integrität von v bewahren bzgl. der Folge von Ausdrücken, die aus denen in Spezifikation von S konstruierbar sind.
 - Gegner darf nicht erreichen, dass die Variable v einen von ihm vorher bekannten Wert annimmt.
- **freshness**: Innerhalb S <<data security>>, beliebiger Wert $data \in Data \cup Keys$ markiert als {fresh} im jeweiligen Teilsystem Instanz oder Objekt D <<critical>> in S sollte neu in D sein.

Vorheriges Wissen des Gegners darf die Datenwerte gemäß den Tags von <<critical>> nicht enthalten, sollte **secrecy**, **integrity** oder **authenticity** gewährleistet werden:

- Nicht erreichbar, falls Gegner diese Daten ursprünglich kennt.
- Weitere Annahmen über Grundkenntnisse des Gegners können angegeben werden.
- Wenn zulässige Ausdrücke oder angestrebter Ursprung der Daten in **{integrity}** und **{authenticity}** sich auf Ausdrücke beziehen, die nicht lokal am <<critical>> Objekt bekannt sind und wo diese Tags eingesetzt werden, kann man sie zu <<data security>> zuordnen.
- Annahme: Standardgegner nicht in der Lage Verschlüsselung zu brechen, aber kann Designfehler z.B. in einem Kryptoprotokoll ausnutzen, z.B. durch den Versuch von „man-in-the-middle“ Attacken.

Beachte:

- Genug Daten erforderlich, um mit Sicherheitsanforderungen in einem der Objekte oder Teilsysteme die Bedingungen zu erfüllen.
- Mehrere verschachtelte Subsysteme bringen womöglich <<data security>> mit sich.
 - Die Bedingungen sind für jedes Subsystem nötig. Das ist wichtig zu beachten, wenn ein Subsystem in ein anderes Subsystem eingefügt werden soll.

Variante des Internet Security Protokoll TLS vorgeschlagen in [APS99]

Ziel:

- Sicherer Kanal zwischen Client und Server über eine unsichere Kommunikationsverbindung.
 - stelle Geheimhaltung und Server Authentizität, wie in `{secrecy}` und `{authenticity}` spezifiziert, sicher.
- Um dies zu erreichen müssen einige lokale Attribute dem Stereotyp `{integrity}` genügen.
 - Der Angreifer sollte nicht in der Lage sein die Werte dieser Attribute zu erlangen.

Sicherer Einsatz von Kryptographie: Beispiel

Variante von TLS (INFOCOM'99).

«data security»

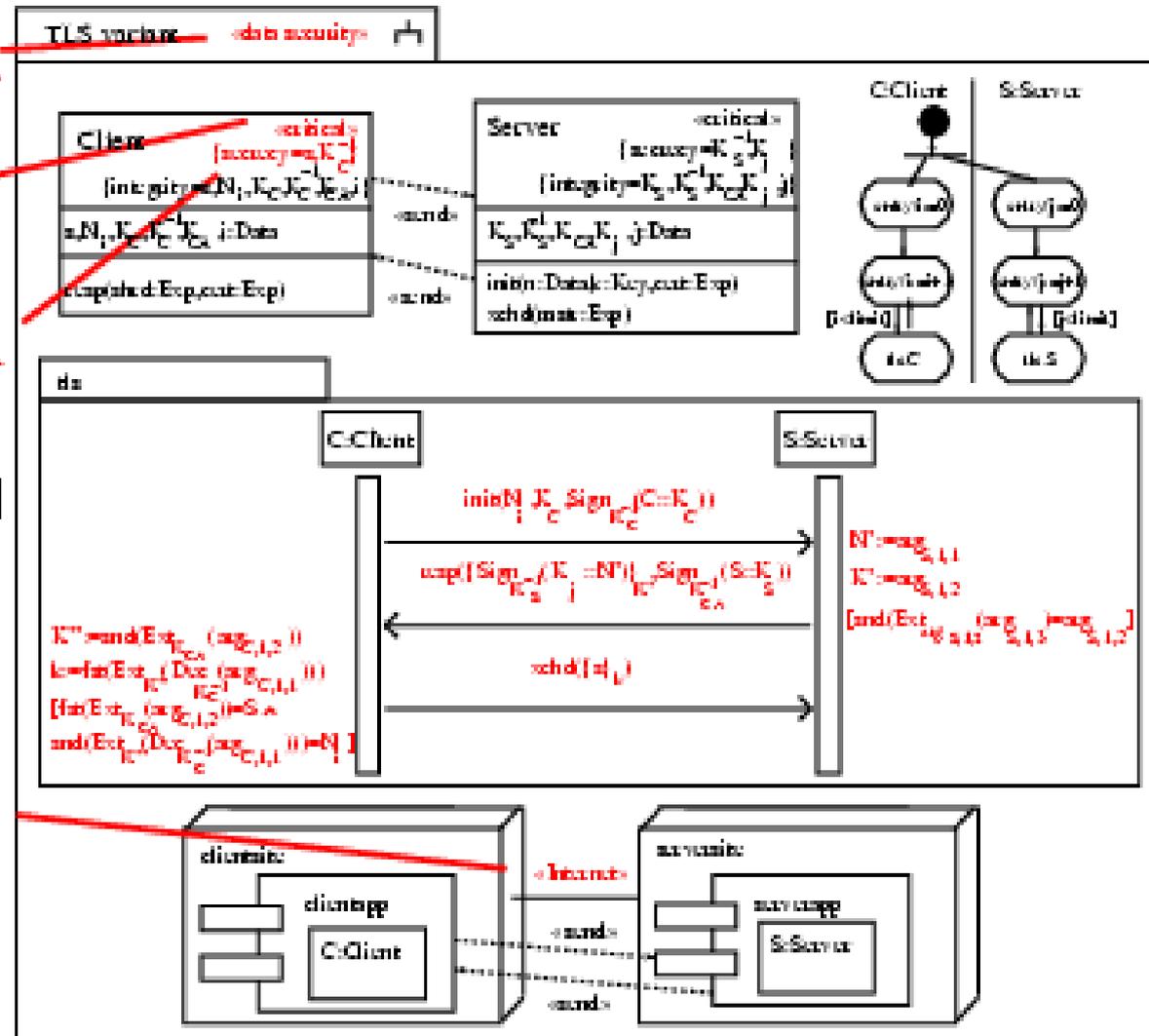
«critical»

{secrecy = {s, K_C^{-1} }}

Ziel ist es mit Hilfe von den öffentlichen Schlüsseln K_C and K_S den geheimen Sitzungsschlüssel K auszutauschen, welcher dann genutzt wird um die geheimen Daten s vor der Übertragung zu verschlüsseln.

«Internet»

Kryptoprotokoll sicher gegen Standard-Angreifer?



Beispiel (Variante von TLS)

<<data security>>

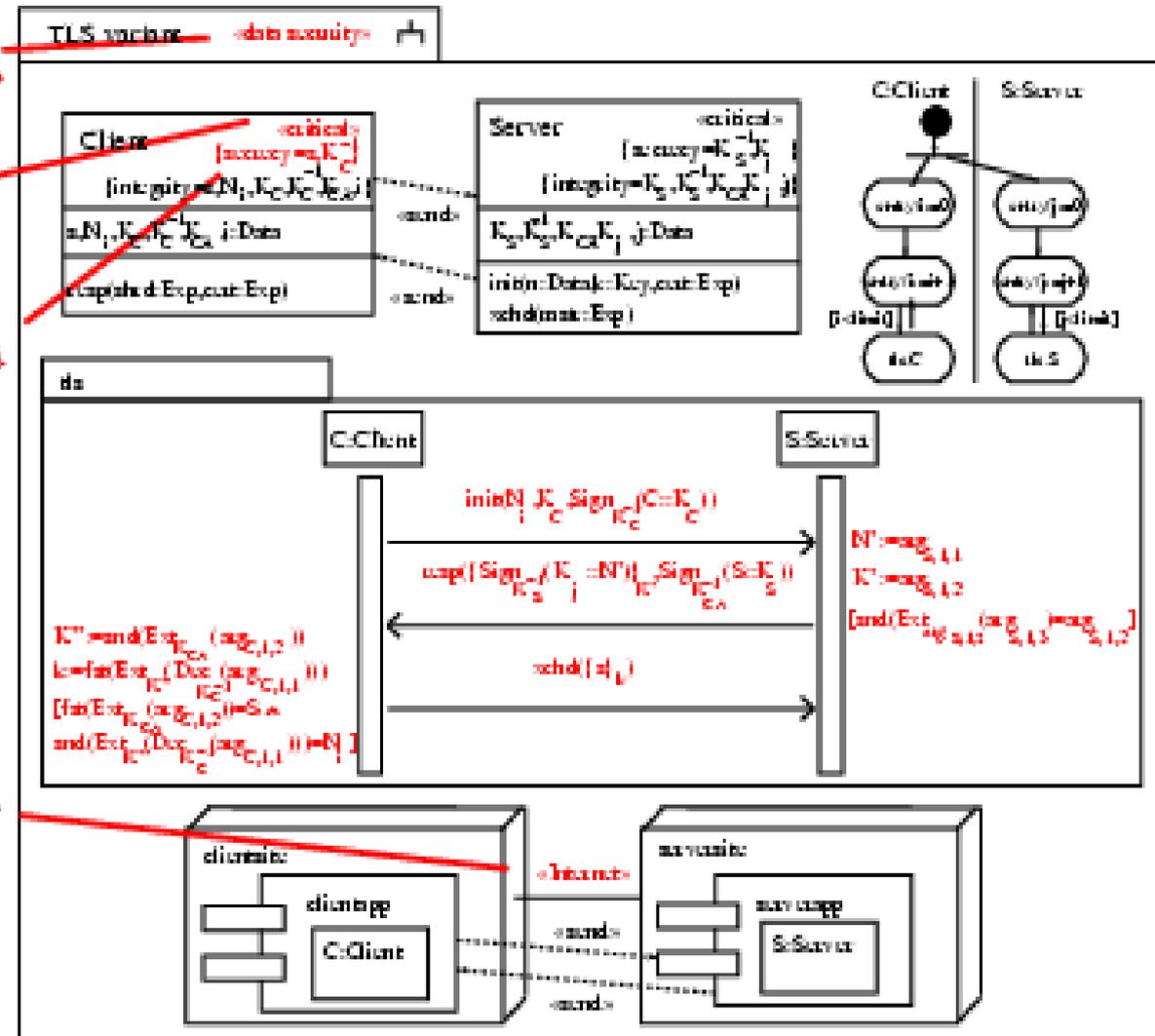
«data security»

«critical»

{secrecy = {s, K_C^{-1} }

Verletzt {secrecy} von s
gegenüber eines
Standard-Angreifers.

Mehr Einzelheiten: «Internet»
nächster Abschnitt.



- Eigenschaften von secrecy, integrity, und authenticity werden vom jeweiligen Angreifertyp abhängig gemacht.
- Standard-Angreifer sind im Prinzip Externe für das System;
- Angreifer als Teil vom System sind möglich, wenn diese Zugriff auf relevante Systemkomponenten haben.
 - In dem man z.B. $\text{Threats}_A(s)$ definiert um den relevanten Stereotyp s Zugriff zu geben.
- z.B.: E-Commerce Protokoll das Kunde, Händler und Bank beinhaltet
 - Bestellte Ware ist ein Geheimnis, das nur Kunde und Händler bekannt ist, und nicht der Bank.

- Kann formuliert werden in dem man relevante Daten mit „secret“ markiert und Sicherheitsanalysen vom Angreifermodell „bank“ erstellt.
 - Angreifer wird Zugriff auf Bank-Komponenten gegeben in dem man eine `Threats()` Funktion definiert.
- Beachte: Angreifer hat nicht unbedingt Zugriff auf das System.
- Kann sinnvoll sein, z.B. to apply `{secrecy}` to a value received by the system from the outside.
- Bedingungen von `<<data security>>` stellen nur sicher, dass stereotypisierte Komponenten die vom Environment Secret erhaltenen Werte behalten.
- Stelle sicher, dass die Systemumgebung nicht diese Werte dem Angreifer verfügbar macht.

- **Sicherheitsanforderungen:** <<secrecy>>, ...
- **Angriffsszenarien:** Benutze `Threatsadv(ster)`.
- **Sicherheitskonzepte:** Beispiel <<smart card>>.
- **Sicherheitsmechanismen:** Beispiel <<guarded access>>.
- **Sicherheitsalgorithmen:** Verschlüsselung eingebaut.
- **Physikalische Sicherheit:** Gegeben in Verteilungsdiagramm.
- **Sicherheitsmanagement:** Benutze Aktivitätsdiagramme.
- **Technologie-spezifisch:** Java-, CORBA-Sicherheit.

Erfüllt UMLsec die Anforderungen?

- Sicherheitsanforderungen: Formalisierung von grundlegenden Sicherheitsanforderungen, die durch Stereotypen wie `<<secrecy>>`, etc. bereitgestellt werden
- Bedrohungsszenarien: durch formale Semantiken und der darunterliegenden modellierten physikalischen Schicht stehen dem Angreifer vom Typ *adv* die Menge `Threatsadv(ster)` von möglichen Aktionen zur Verfügung.
- Sicherheitskonzepte: Beispiel `<<smart card>>`.
- Darunterliegende physikalische Sicherheit:
 - Adressiert von `<<secure links>>` in Deployment Diagrammen.
- Sicherheitsprimitiven:
 - Entweder eingebaut, wie z.B. Verschlüsselung oder
 - Kann behandelt werden, wie z.B. Sicherheitsprotokolle.
- Sicherheitsmanagement : → Aktivitätsdiagramme

- Signed und Sealed Objects
- Guard Objects
- <<no down-flow>>
- <<data security>>