Netzsicherheit – Architekturen und Protokolle
Grundlagen PKI/PMI

Wiederholung Kryptographie

- Symmetrische Kryptographie
  - 1 Schlüssel für Ver- und Entschlüsselung
  - Schlüssel muss vor Kommunikation ausgetauscht werden
  - Schlüssel muss geheim gehalten werden
  - Schlüsselanzahl wächst quadratisch mit Anzahl der Kommunikationsteilnehmer
- Asymmetrische Kryptographie
  - Zwei zueinander inverse Schlüssel
  - Öffentlicher Schlüssel ist nicht geheim
  - Schlüsselanzahl wächst linear

Diskussion

Welches **neue** Problem hat man mit asymmetrischer Kryptographie?

Motivation: Authentifizierung

- Frage: woher bekommt man öffentlichen Schlüssel?
  - manueller Austausch?
  - via eMail oder Web-Site?

  → *Sichere Zuordnung Schlüssel/Kommunikationspartner?*

- Lösungsvorschlag: öffentliches Verzeichnis
  - Zuordnung: Name zu öffentlichem Schlüssel (ähnlich Telefonbuch)
  - Antworten auf Anfragen symmetrisch geschützt
  - Probleme des Ansatz?

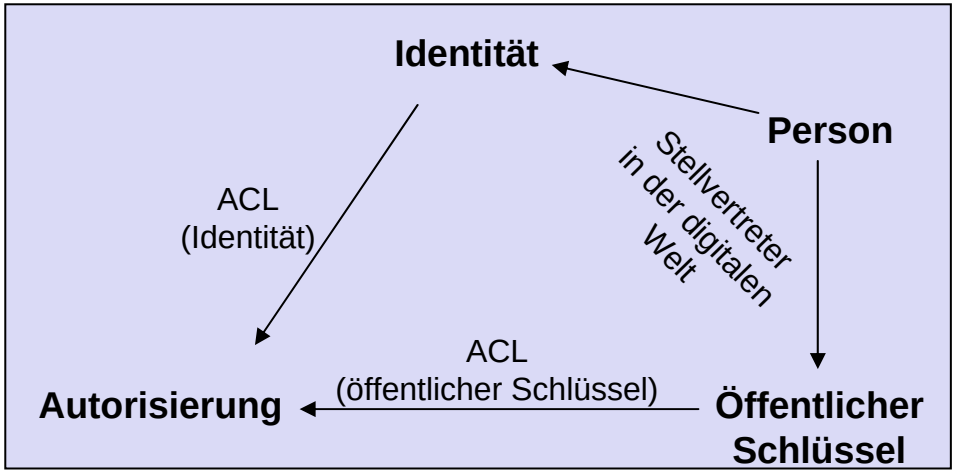
- Wie erreicht man unabhängige, transportierbare Bindung von Authentifizierungsdaten? → PKI!

Historisches

- Whitfield Diffie and Martin Hellman: "New Directions in Cryptography", IEEE Transactions on Information Theory, November 1976, pp. 644-654]
  - "Given a system of this kind, the problem of key distribution is vastly simplified. Each user generates a pair of inverse transformations, E and D, at his terminal. The deciphering transformation, D, must be kept secret but need never be communicated on any channel. The enciphering key, E, can be made public by placing it in a public directory along with the user's name and address. Anyone can then encrypt messages and send them to the user, but no one else can decipher messages intended for him."
- Loren Kohnfelder, "Towards a Practical Public-key Cryptosystem", 1978
  - Introduction of Certificates

Motivation: Autorisation

- Autorisierung über Zugangskontrolllisten (*Access-Control-List*)
  - der via Passwort/Ticket/PKK verifizierten Identität
  - des via Signatur (mit privatem Schlüssel) bestätigten öffentlichen Schlüssels



Problem: Zuordnung von Privilegien zu Personen lokal oder zentral gespeichert

Wie erreicht man eine unabhängige, transportierbare Bindung von Autorisationsdaten? → PMI!

Netzsicherheit – Architekturen und Protokolle
Grundlagen PKI/PMI

Digitale Zertifikate

Problemstellung

- Authentifizierung eines Sachverhaltes, den man nicht selbst überprüfen kann

→ man verlässt sich auf vertrauenswürdige Dritte, die ihn schon kontrolliert haben

Frage: was ist ein Zertifikat?

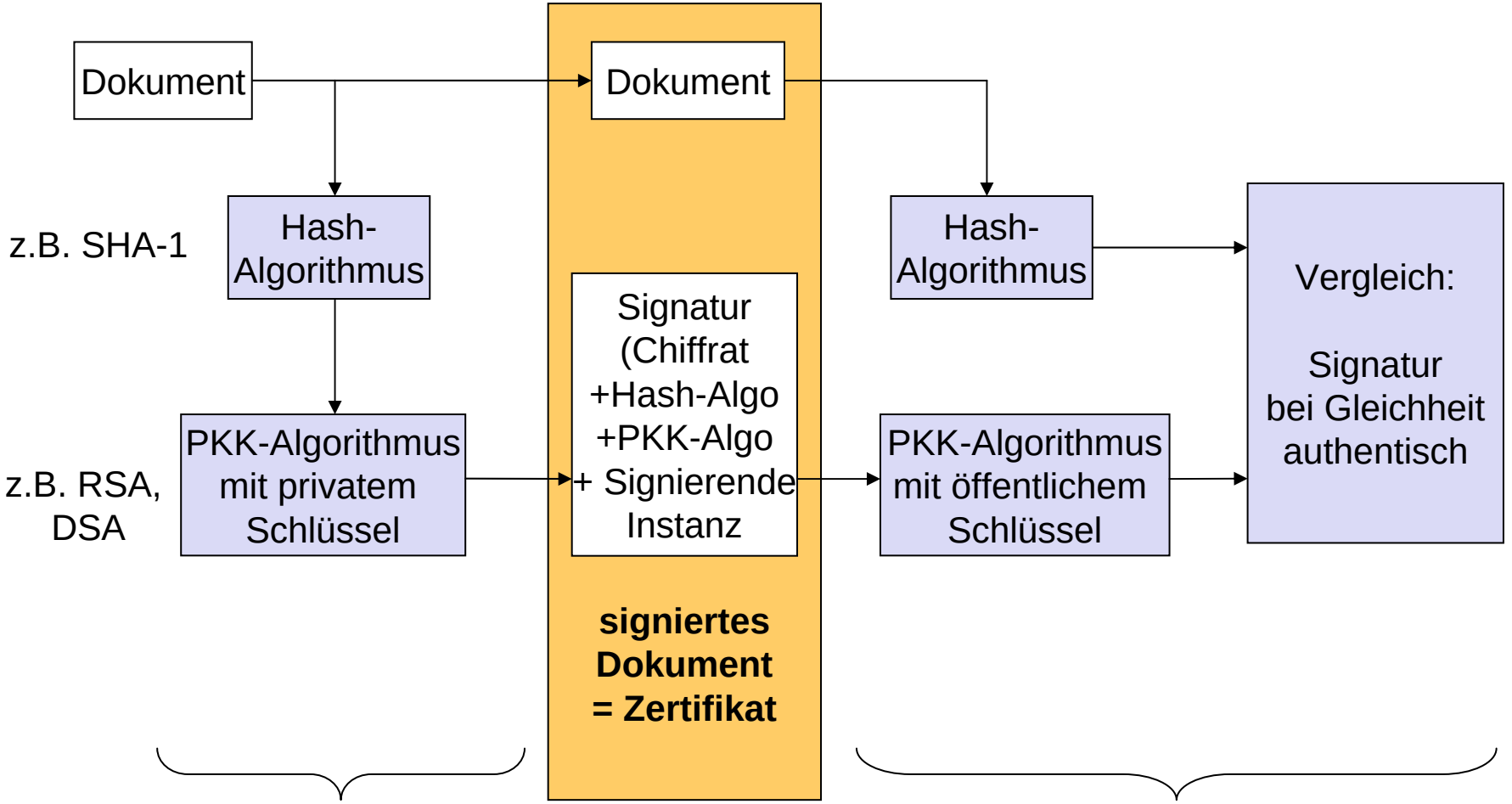
- ein digitales Dokument, in dem eine Instanz einen bestimmten Sachverhalt mittels digitaler Signatur bestätigt

→ erzeugt Vertrauen in den Sachverhalt

Frage: wer erstellt die Zertifikate?

- eine vertrauenswürdige Instanz: Certification Authority

Digitale Signatur



Klassifizierung von Zertifikaten

- Klassen von Zertifikaten
  - ID-Zertifikate
    - öffentlicher Schlüssel → eindeutiger Name (*Identität*)
    - Authentifikation von öffentlichen Schlüsseln
  - Attributzertifikate
    - Attributswerte → Identität
    - Autorisation zur Nutzung von Diensten
  - Autorisierungszertifikate
    - binden Privilegien → öffentlichen Schlüssel
    - Autorisation zur Nutzung von Diensten
- Zertifikate ersetzen zentrale globale Listen
  - öffentliches Verzeichnis mit (ID, öffentlicher Schlüssel) durch ID-Zertifikat
  - ACL auf ID-Basis durch Attributzertifikate
  - ACL auf Basis des öffentlichen Schlüssels durch Autorisierungszertifikate

Welche Zertifikate aus der realen Welt passen in welche Klasse?

CAP-Prinzip

- Problem bei dezentraler Speicherung: **Konsistenz**
- ***CAP-Prinzip***: 2 der 3 Punkte sind bei verteilten Anwendungen realisierbar
  - C: strong **c**onsistency
    - Konsistenz der verteilten Daten
  - A: high **a**vailability
    - Hohe Verfügbarkeit der Daten
  - P: **p**artition-resilience
    - Ausfallsicherheit bei Netzwerkpartitionierung
- Beispiele? In welche Klasse fallen Zertifikate?

CAP-Prinzip bei Zertifikaten

Problem

Zertifikate können ungültig werden, wenn die Informationen im Zertifikat nicht mehr zutreffen (z.B. ID stimmt nicht mehr, Privileg wird entzogen)

Lösungen

- Gültigkeitsdauer
- Offline-Prüfung durch Widerruflisten (*certificate revocation list – CRL*)
- Online-Prüfung (in welche CAP-Klasse fallen Zertifikate dann?)

Validierung (Grundlage)

- Validierung eines Zertifikates
  - syntaktische und semantische Prüfung seiner Gültigkeit
- Vorraussetzung für den Validierenden
  - vertraut einer Menge von CAs
  - ist im Besitz der Zertifikate dieser CAs
  - hat die Integrität und Authentizität dieser Zertifikate geprüft
- Ablauf: der Prüfende verifiziert, ob das zu prüfende Zertifikat
  - zeitlich noch gültig ist
  - widerrufen wurde
  - alle Parameter für die Anwendung gültig sind (z.B. Sicherheitsrichtlinie)
  - aufgrund des eingesetzten Vertrauensmodells als vertrauenswürdig gilt
    - z.B. ausgestellt durch eine vertrauenswürdige CA
  - eine gültige Signatur hat

Netzsicherheit – Architekturen und Protokolle
Grundlagen PKI/PMI

Infrastrukturen

- Kerndienste des Management von Zertifikaten
  - Registrierung, Zertifizierung, Publizierung
  - Widerruf, Re-Zertifizierung

- Infrastrukturen zum Management von Zertifikaten
  - ID-Zertifikaten
    - Public Key Infrastructure (PKI)
  - Attributzertifikaten
    - Privilege Management Infrastructure (PMI)
  - Autorisierungszertifikate: ?
    - (bisher kein Begriff geprägt, jedoch starke Parallelen zur PMI vorhanden)

X.509 Standard

- PKI und PMI
  - X.509
    - Authentifizierung und Autorisation für X.500 Standard
  - X.500
    - Globales verteiltes Verzeichnis, Internet-Telefonbuch
  - PKI wesentlich durch X.509-Standard geprägt
  - PMI ebenfalls, jedoch noch relativ neu, daher wenig verbreitet
  - PKI-/PMI-Architektur dennoch von X.509 unabhängig, daher
    - erst neutrale Einführung
    - dann Vorstellung der X.509-spezifischen Formate

Alternative Standards

- Weitere Standards
  - SDSI/SPKI (nicht behandelt)
    - zu X.509 alternative Architekturen und Formate
    - unvollendete Standardisierung, dennoch interessante Konzepte
  - PGP (wird anschließend behandelt)
    - ID-Zertifikatsystem, das mit minimaler Infrastruktur auskommt

Netzsicherheit – Architekturen und Protokolle
Grundlagen PKI/PMI

Was ist eine Public Key Infrastruktur?

- Public Key Infrastructure (PKI)
  - ist eine Infrastruktur zum Management von ID-Zertifikaten
  - ermöglicht somit Authentifikation öffentlicher Schlüssel
- Bausteine einer PKI
  - Organisatorische Bausteine
    - Zertifizierungsrichtlinie (Certification Policy)
    - Dokumentation interner Abläufe (Certification Practice Statement)
    - Zugrundeliegendes Vertrauensmodell
  - Technische Bausteine
    - Zertifikatsformat (z.B. X.509), das das Vertrauensmodell unterstützt
    - Managementprotokolle zur technischen Umsetzung der PKI-Dienste

Wie und von wem werden diese Bausteine eingesetzt und umgesetzt?

PKI-Modell

Eine PKI besteht aus folgenden Elementen

- Benutzer (subject, end entity)
  - Mensch, Maschine oder Prozess
  - meldet sich bei der PKI an (*enrollment*) und lässt sich ein Zertifikat ausstellen
  - will andere öffentliche Schlüssel authentifizieren

Zertifizierter Benutzer

- Registration Authority (RA)
  - Implementiert administrative Aspekte der PKI
  - Schnittstelle zwischen Benutzer und CA
  - Entkopplung (CA i.d.R. offline)
  - evtl. direkt Teil der CA

RA

PKI-Modell (2)

- Certification Authority (CA)
  - Implementiert Zertifizierung
  - folgt technischen Standards, die Formate spezifizieren
  - erzeugt durch Signatur Zertifikate
  - Schutz dieses Signaturschlüssels
  - Erstellung von Widerruflisten

CA

- Speicher/Verzeichnis (directory)
  - für ausgestellte Zertifikate, gültige und historische
  - Abruf von Zertifikaten über diverse Protokolle möglich
  - Publizierung der Gültigkeit von Zertifikaten über Widerruflisten

Widerruf von ID-Zertifikaten

Eine CA kann ein Zertifikat (evtl. vom Benutzer ausgelöst) vor Ablauf seiner Gültigkeitsdauer widerrufen, wenn

- das Zertifikat nicht mehr benutzt wird
- der private Schlüssel nicht mehr nutzbar ist
- der zu einem Zertifikat gehörige private Schlüssel sicher oder eventuell kompromittiert wurde
- Angaben in dem Zertifikat nicht mehr stimmen
- Parameter des Schlüsselpaares nicht mehr adäquat sind

Anforderungen an eine PKI

Anforderungskatalog

- Sicherheit interner Abläufe
- Sicherheit der Signaturschlüssel der CA
- Effizienz: Validierung eines Zertifikates
- Skalierbarkeit
- Komfort: vertretbarer Aufwand für Benutzer
- Vertrauenswürdigkeit

Was fehlt?

- Vertrauen, Vertrauenswürdigkeit
  - bereits mehrfach erwähnt, aber was ist das?
  - Wie wird Vertrauen in einer PKI hergestellt?
    - z.B. Vertrauen in die Gültigkeit eines Zertifikats

→ nächste Vorlesungseinheit

Literatur

Historisch

- Loren Kohnfelder: Towards a practical public-key cryptosystem. Bachelor Thesis, MIT, Cambridge, 1978.

Aktuelles Buch

- Carlisle Adams, Steve Lloyd: Understanding PKI, Addison Wesley, 2003

Aktuelle Online-Dokumente

- PKI-Forum: CA-CA Interoperability; 2001
  - guter Überblick über das Thema, dabei recht kurz gefasst
- The Open Source PKI Book, online verfügbar