Security

Sommersemester 2021
(LV 4121, 4241)

montags, 8:15 bis 9:45

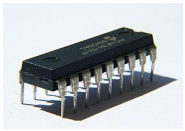
Prof. Dr. Bernhard Geib

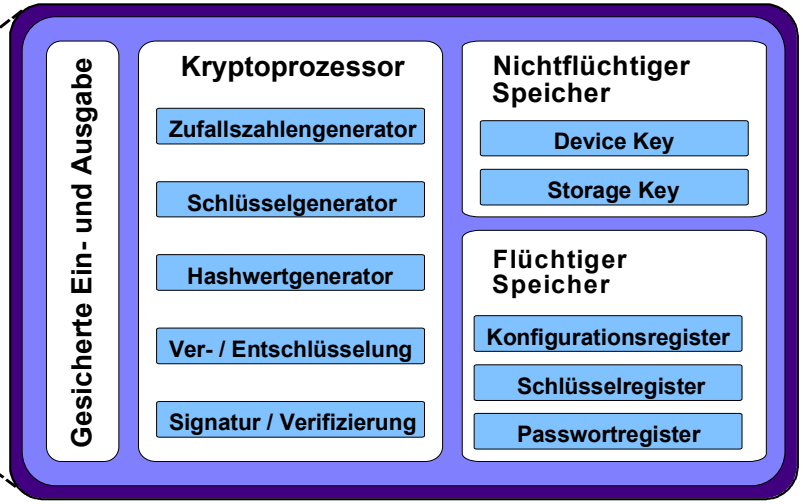
Kap. 1: Einführung und Motivation

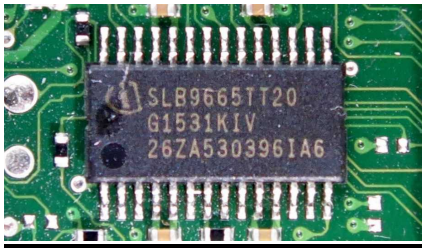
Einleitung:

- Worum geht es in dieser Lehrveranstaltung?
- Was verstehen wir unter Security?
- Wozu brauchen wir Informationssicherheit?
- Welche Rolle spielt die Kryptologie?
- Angestrebte Lernergebnisse (Zielsetzung)
- Inhalte der Vorlesung und Gliederung
- Organisation, Konzeption und Leistungsnachweis
- Literatur und Hilfsmittel

Worum geht es in dieser Lehrveranstaltung?







Trusted Platform Module (TPM 2.0)

Infineon SLB9665TT20

Quelle: *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik*

1. Entwicklung von Krypto-HW

Sichere Infrastruktur für Trusted Computing

- Zertifizierungs- und Signierungsinfrastrukturen
- Schlüsselverwaltung für kritische Infrastrukturen
- Offene, vertrauenswürdige Datenverarbeitung

Worum geht es in dieser Lehrveranstaltung?

ISDN - Bus- / Port- Schlüsselgerät ElcroDat 6-2

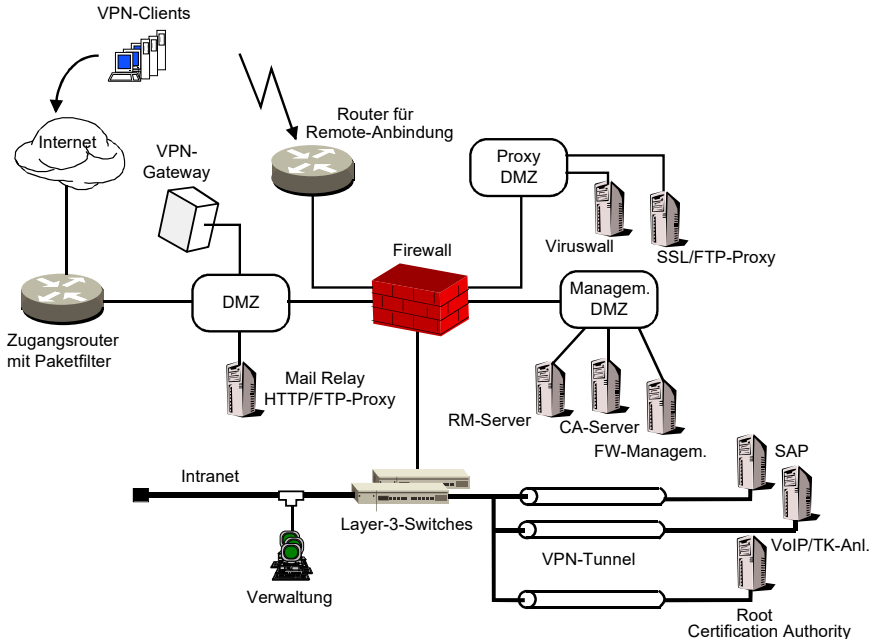
Quelle: *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik*

2. Anwendung von Krypto-Devices

Sichere Kommunikation (Verwaltung, Militär, Sicherheitsbehörden)

- Chiffrier- und Dechiffrierung
- Zufällige Schlüssel-generierung
- Sprache, Daten, Video

Worum geht es in dieser Lehrveranstaltung?



R&S®TF IP

HC-8224 100M

Echtzeitfähiger Trusted Filter Ethernet/IP

Quelle: *Rohde&Schwarz (links)*
Crypto AG (rechts)

3. Absicherung einer IT&TK-Infrastruktur

Sicherer Übergang zwischen Sicherheitsdomänen

- Separierung von Ethernet- und IP-Netzwerken
- Zustandslose Protokollfilterung
- Netzwerkverschlüsselungsplattform

Was verstehen wir unter Informationssicherheit?

Funktionssicherheit (engl. *safety*):

- zielt auf Übereinstimmung der Ist-Funktionalität der Komponenten mit der spezifizierten Soll-Funktionalität ab (Gefahrenabwendung, Ausfallsicherheit, Schutz von Leib und Leben).

Informationssicherheit (engl. *security*):

- Sicherstellung, dass es zu keiner unerlaubten Informationsveränderung oder zu keinem unerlaubten Informationsgewinnung kommt.

Datenschutz (engl. *privacy*):

- regelt die Verwendung und Weitergabe personenbezogener Daten (informationelle Selbstbestimmungsrecht, BDSG, DSGVO).

Was verstehen wir unter Kryptologie?

Kryptologie:

- Wissenschaft der Verfahren zur Geheimhaltung von Nachrichten, aber auch zu deren Brechung. Kryptologie vereinigt Kryptographie und Kryptanalyse.

Kryptographie:

- Geheimschriftkunde – offen versendete Nachrichten sollen durch Verschlüsselung bzw. Chiffrierung für Unbefugte nicht lesbar sein.

Kryptanalyse:

- Meist mathematische und statistische Methoden zur Entzifferung von Geheimtexten, d.h. Informationen unbefugt erlangen.

Wozu brauchen wir Kryptologie?

- Kryptologie ist als mathematische Disziplin wissenschaftlich fundiert und anerkannt.
- Mathematik liefert – jedenfalls im Prinzip – Rechtfertigung für die „Stärke“ einer Sicherheitsmaßnahme.
- Im Idealfall lässt sich beweisen, dass ein kryptographischer Algorithmus ein gewisses Sicherheitsniveau hat (oder halt nicht).

  Damit kann der **Nachweis** erbracht werden, dass für eine bestimmte Anwendung der beanspruchte **Sicherheitswert** tatsächlich erreicht wird.

Angestrebte Lernergebnisse (Zielsetzung):

Nach Absolvieren dieser Kurseinheit sollten Sie

- Verfahren zur Authentifizierung von Teilnehmern verstanden haben und auswählen können,
- Methoden der Informationsverschlüsselung einordnen, in ihrer Wirkung analysieren und in der Praxis anwenden können,
- Vorkehrungen zur Datenintegrität und Geheimhaltung sensibler Dateninhalte beurteilen und sicherstellen können,
- Konzept für Einweg- und Hashfunktionen verstanden haben sowie Probleme beim Schlüsselaustausch behandeln können.

Typische Fragestellungen:

Aus Sicht eines Anwenders ergeben sich die Fragen

- Warum ist Sicherheit nötig (IT-Sicherheitsgesetz, kritische Infrastrukturen) und wie ist sie erreichbar?
- Mit welchen Kosten ist Sicherheit verbunden?
- Was ist für ein erfolgreiches E-Business (IT-gestützter Arbeitsablauf) nötig?
- Wie ist die Risikolage (Gefahrenlage, Angreifer und Täter, Konsequenzen)?

Inhalte der Vorlesung und Gliederung:

1. Einführung in die Informationssicherheit
2. Algebraische Strukturen und elementare Zahlentheorie
3. Monoalphabetische Chiffren und deren Analyse
4. Moderne Blockchiffren und Schlüsselaustausch
5. Einwegfunktionen
6. Asymmetrische Kryptosysteme
7. Schlüsselmittelherstellung
8. Kryptographische Protokolle und Anwendungen

Organisation und Leistungsnachweis:

- Lehrform: Vorlesung und Praktikum / Übung
- ECTS / SWS: **5 cp / 4**
  - 2 SWS Vorlesung
  - 2 SWS Praktikum / Übung
- Gesamtaufwand: **150 h** (etwa 8 h pro Woche)

- Anwesenheit Vorlesung und Praktikum	60 h
- Vorbereitung und Nachbereitung Vorlesung	30 h
- Bearbeitung der Praktikumsaufgaben	60 h

- Leistungsnachweis: **Klausur** (90-minütig mit Formelsammlung)

Konzeption der Lehrveranstaltungen:

Vorlesungen

- Vorlesungen werden jeweils für alle Studierenden des Semesters gemeinsam im Hörsaal B002 abgehalten.
- Die Vorlesung findet jeweils montags von 8:15 bis 9:45 Uhr statt.
- Anwesenheitspflicht besteht nicht.
- Die Lehrveranstaltung wird am Semesterende mit einer schriftlichen Prüfung (Klausur) abgeschlossen.
- Formale Voraussetzung für das Antreten zur Vorlesungsprüfung ist die erfolgte Prüfungsanmeldung.

Konzeption der Lehrveranstaltungen:

Übungen und integriertes Praktikum

- Übungen dienen der praktischen Vertiefung und Ergänzung des Vorlesungsstoffs.
- Sie werden in Teilgruppen im Seminarraum C035 und wöchentlich in Einheiten zu jeweils 90 Minuten durchgeführt.
- Die Gruppengröße beträgt ca. 25 bis 30.
- Die Teilnahme am Übungsbetrieb bereitet die Studierenden gezielt auf die theoretischen und praktischen Anforderungen der Klausur vor (typische Sicherheitsthemen und sicherheitstechnischen Fragestellungen).
- Die Gruppeneinteilung erfolgt jeweils zu Beginn eines Semesters im Rahmen der Belegung.

Konzeption der Lehrveranstaltungen:

Übungen und integriertes Praktikum (Fortsetzung)

- Die Teilnahme an den Übungen ist verpflichtend.
- Eine Beurteilung der Übungsteilnahme erfolgt nicht.
- In die Übungen integriert sind Praktikumsaufgaben.
- Dabei handelt es sich um die Konzeption, Realisierung und Anwendung kryptographischer Algorithmen (Verschlüsselung, Signaturen, Authentifizierung, Schlüsselmittelherstellung).
- Im Mittelpunkt steht die eigenständige Erarbeitung von kryptologischen Grundfunktionalitäten (modulare Inverse, modulare Exponentiation, …).
- Als Programmiersprache kommt C zur Anwendung.
- Eine Beurteilung der Praktikumsteilnahme erfolgt nicht.

Literatur und Hilfsmittel:

- Albrecht Beuelspacher: Kryptographie, Vieweg
- Wolfgang Ertel, Angewandte Kryptographie, Fachbuchverlag
- Johannes Buchmann: Einführung in die Kryptographie, Springer
- Claudia Eckert: IT-Sicherheit, Oldenbourg Verlag
- Ditmar Wütjen: Kryptographie, Spektrum Akademischer Verlag
- Bruce Schneier: Applied Cryptography, John Wiley & Sons

Papers und Dokumentation zur Lehrveranstaltung:

www.cs.hs-rm.de/~rnlab/LVaktuell/Security/

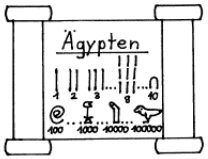
Zur Verfügung gestelltes Material:

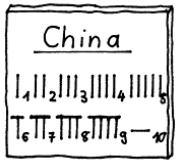
- Vorlesungsfolien (Kapitel 1 bis 8) als PFD
- Grundlagen zur Zahlentheorie (Skript, 52 S.) als PDF
- Aufgabensammlung (passend zum Skript Zahlentheorie)
- Praktikumsunterlagen (Aufgabenblätter 1 bis 12) als PDF
- Übersicht der verwendeten kryptographischen Funktionen (Kryptolibrary mit 76 Moduln)
- Formelsammlung (abgestimmt auf Vorlesungsschwerpunkte)

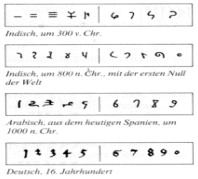
Alles Weitere ist zu finden unter:

www.cs.hs-rm.de/~rnlab/LVaktuell/Material/

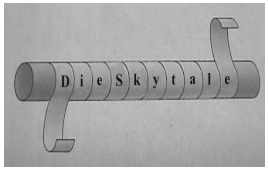
Zur Verfügung gestelltes Material:

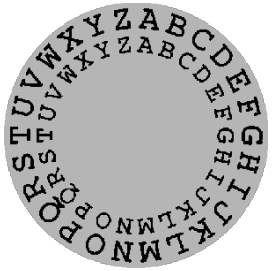


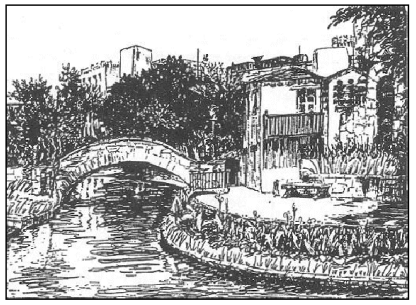




Begriffe und Grundlagen der Zahlentheorie







Security

Wintersemester 2018/2019
(LV 4121 und 7241)

Formelsammlung

Aufgaben-sammlung mit Beispiel-Lösungen

Security

Wintersemester 2018/2019
(LV 4121 und 7241)

1. Aufgabenblatt

Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Teil 1: Begrifflichkeiten

- IT-Systeme
- Sicherheitsbegiffe
- Aktuelle Sicherheitslage

Was ist ein IT-System?

Unter dem Begriff Informationstechnisches System (IT-System) versteht man jegliche Art elektronischer datenverarbeitender Systeme.

Kurz: Ein IT-System ist ein dynamisches technisches System mit der Fähigkeit zur Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Daten.

- Computer, Großrechner, Serversysteme, Datenbanksysteme
- Prozessrechner, digitale Messsysteme, Microcontroller-Systeme
- Informationssysteme, Kommunikationssysteme, Verteilte Systeme
- Betriebssysteme, eingebettete Systeme
- Mobiltelefone, Handhelds, digitale Anrufbeantworter, u.v.a.m.

Sicherheitsbegriffe:

Schwachstelle oder Sicherheitslücke:

- Fehler in einem IT-System, durch die ein Angreifer in ein Computersystem eindringen oder im IT-System Schaden verursachen kann.

Bedrohung:

- Eine Bedrohung ist eine potentielle Gefahr mit zeitlichem, räumlichem oder personellem Bezug zu einem Schutzziel bzw. Schutzobjekt.

Gefährdung:

- Trifft eine Bedrohung auf eine Schwachstelle (z. B. technische oder organisatorische Mängel), so entsteht eine Gefährdung.

Sicherheitsbegriffe:

Risiko:

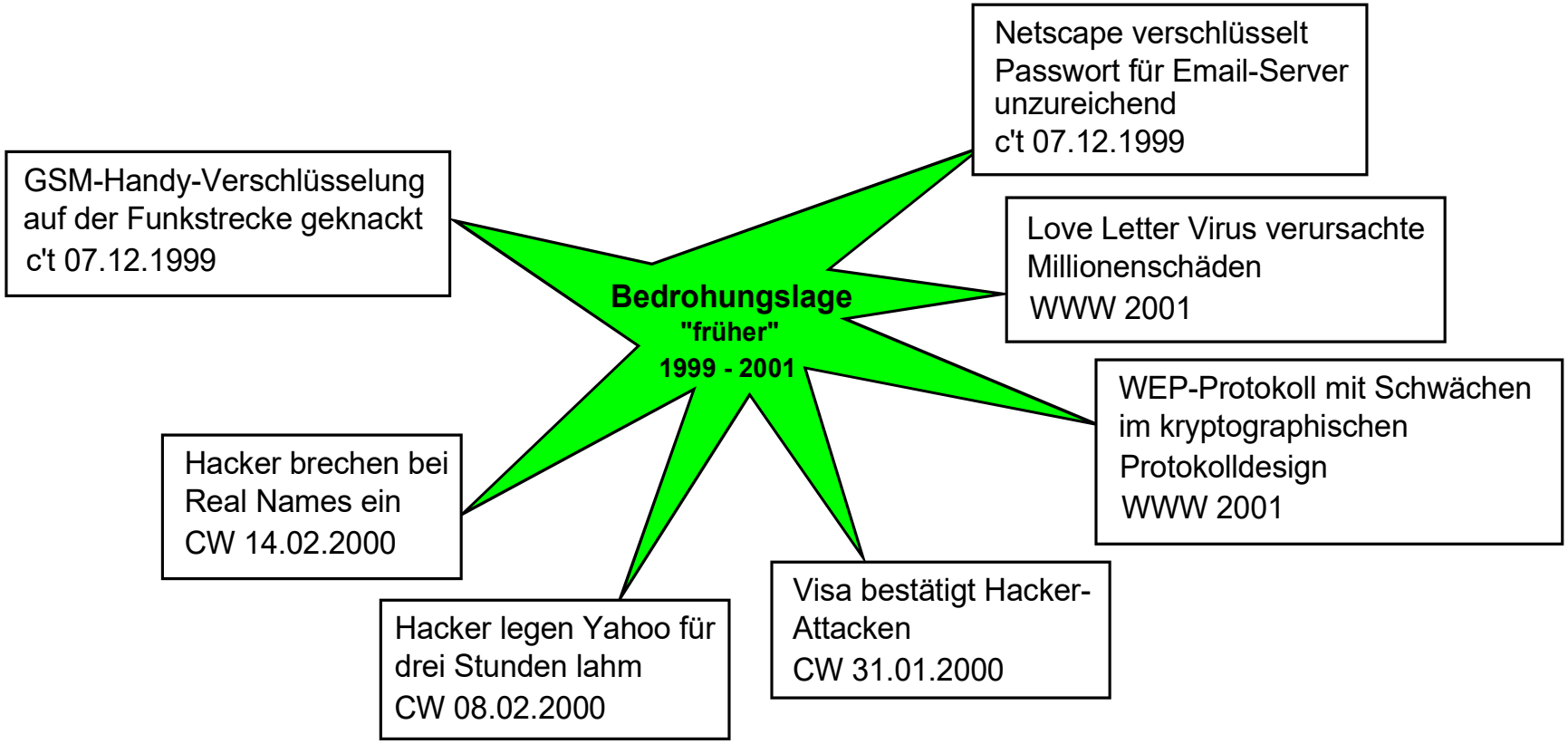
- Ein Risiko ist das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen Konsequenz (Schadenshöhe) bezogen auf ein konkretes Schutzziel (Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit).

Eintrittswahrscheinlichkeit:

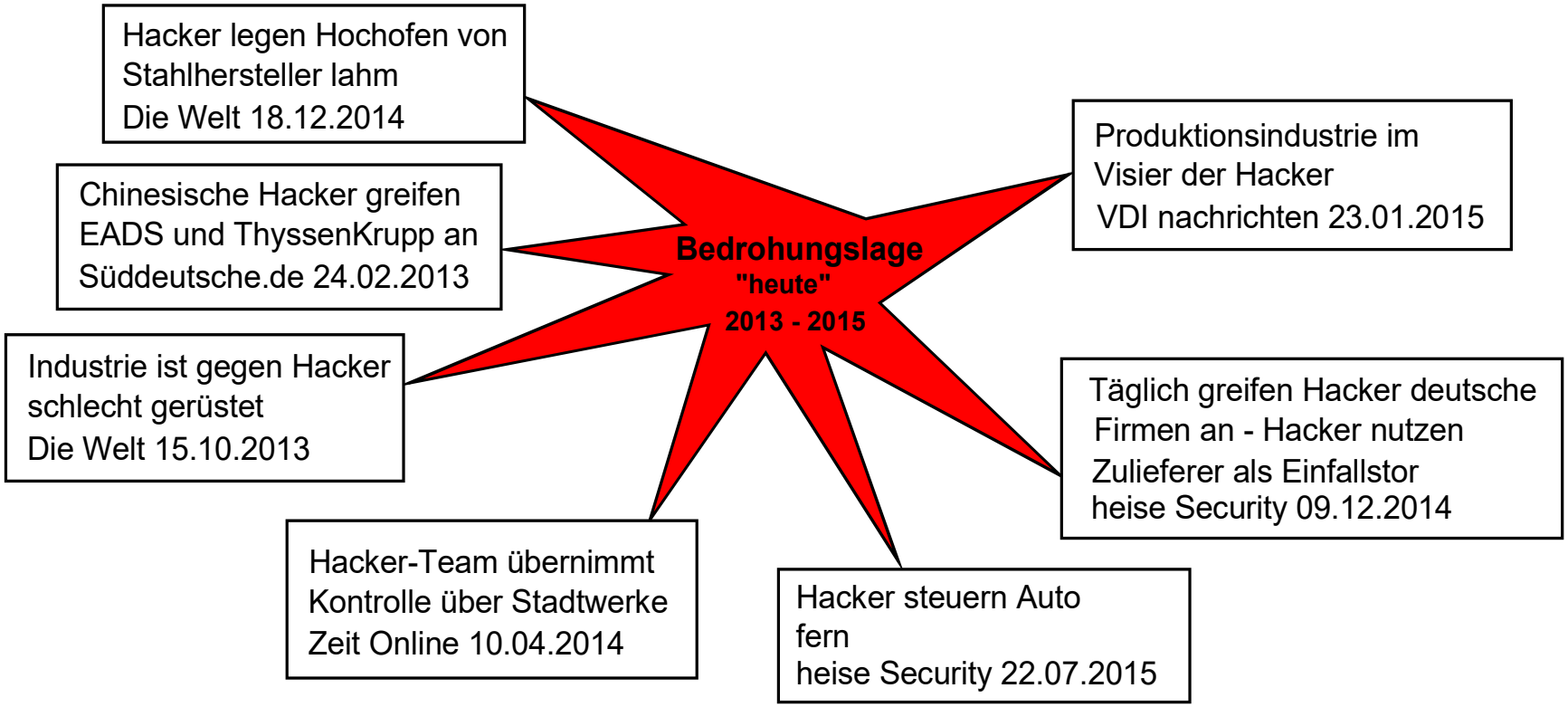
- Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Schutzziel gebrochen wird.

Schadenshöhe:

- Höhe des Schadens (monetär oder nicht monetär), der sich aus einem Schadensszenario (erfolgreicher Angriff auf ein IT-System durch Ausnutzen einer Schwachstelle) ergibt.



⇒ Lokal beschränktes Schadensausmaß



⇒ Angriffe mit existenzbedrohendem Schadensausmaß

Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Teil 2: Daten, Nachrichten und Informationen

- Terminologie
- Nachrichten- und Informationsmodelle
- Kryptosysteme

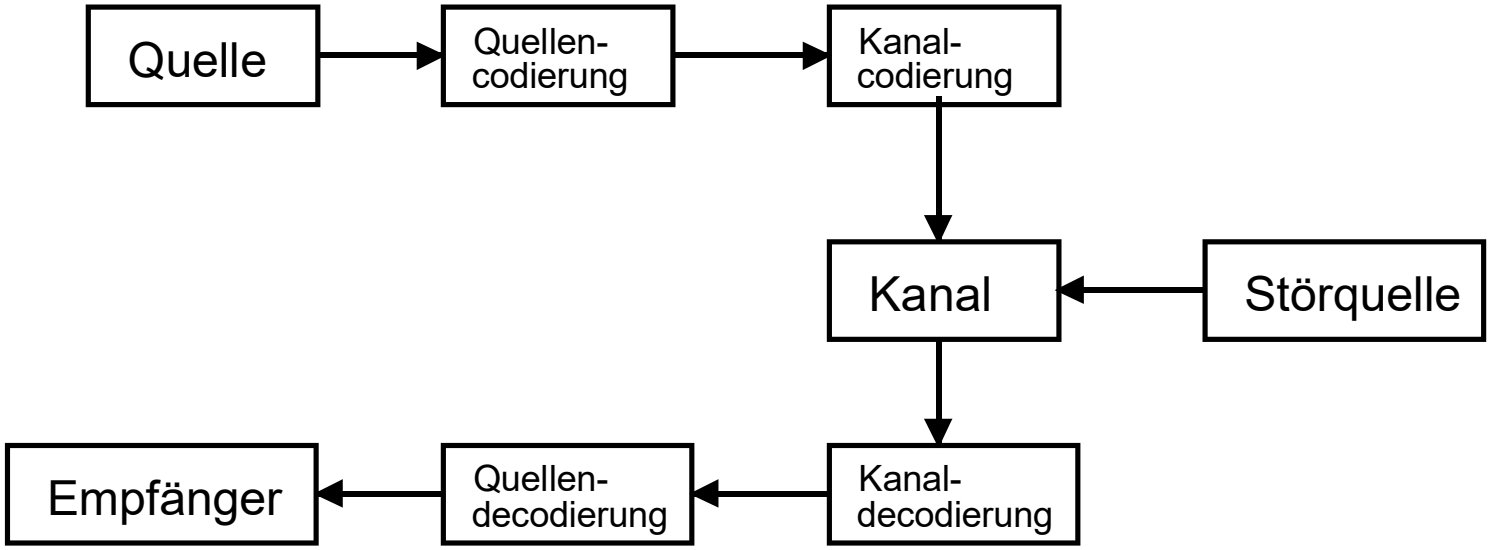
Codierungstheorie (US-amer. Mathematiker Claude Shannon)

Nachrichten möglichst effizient und möglichst fehlerfrei übertragen bzw. speichern (z. B. Rundfunk, Fernsehen, Telefon, Datenspeichersysteme, Rechnernetze etc.)

Einfachstes Modell:

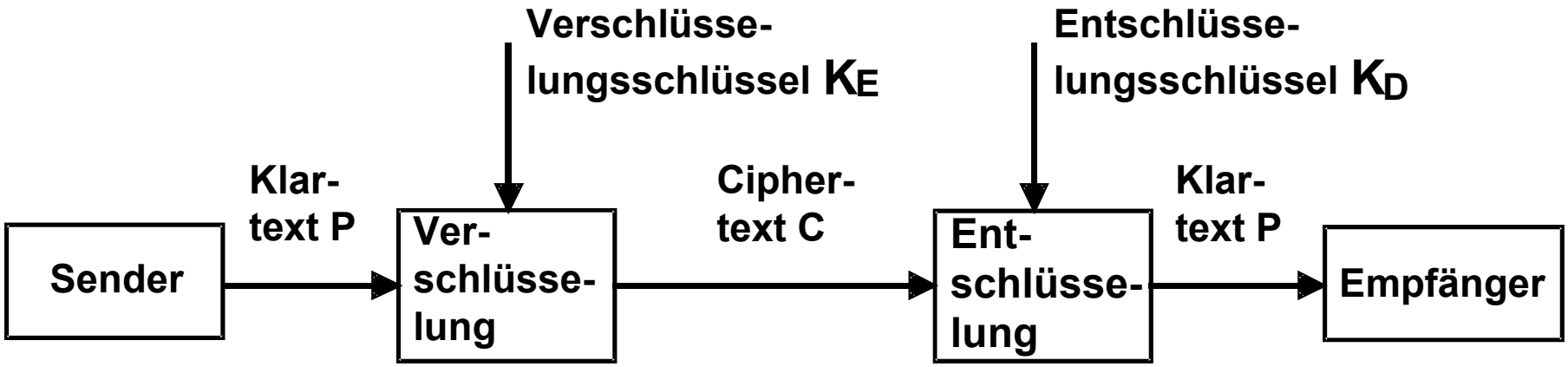
- Viele Quellen besitzen Redundanz (Weitschweifigkeit, Überbestimmtheit)
- Fast alle Kanäle unterliegen Störungen (Rauschen)

Verfeinertes Modell:



- Eliminierung der Redundanz (Datenkompression oder Quellencodierung)
- Gezieltes Hinzufügen von Redundanz (Kanalcodierung)

Kryptosystem:

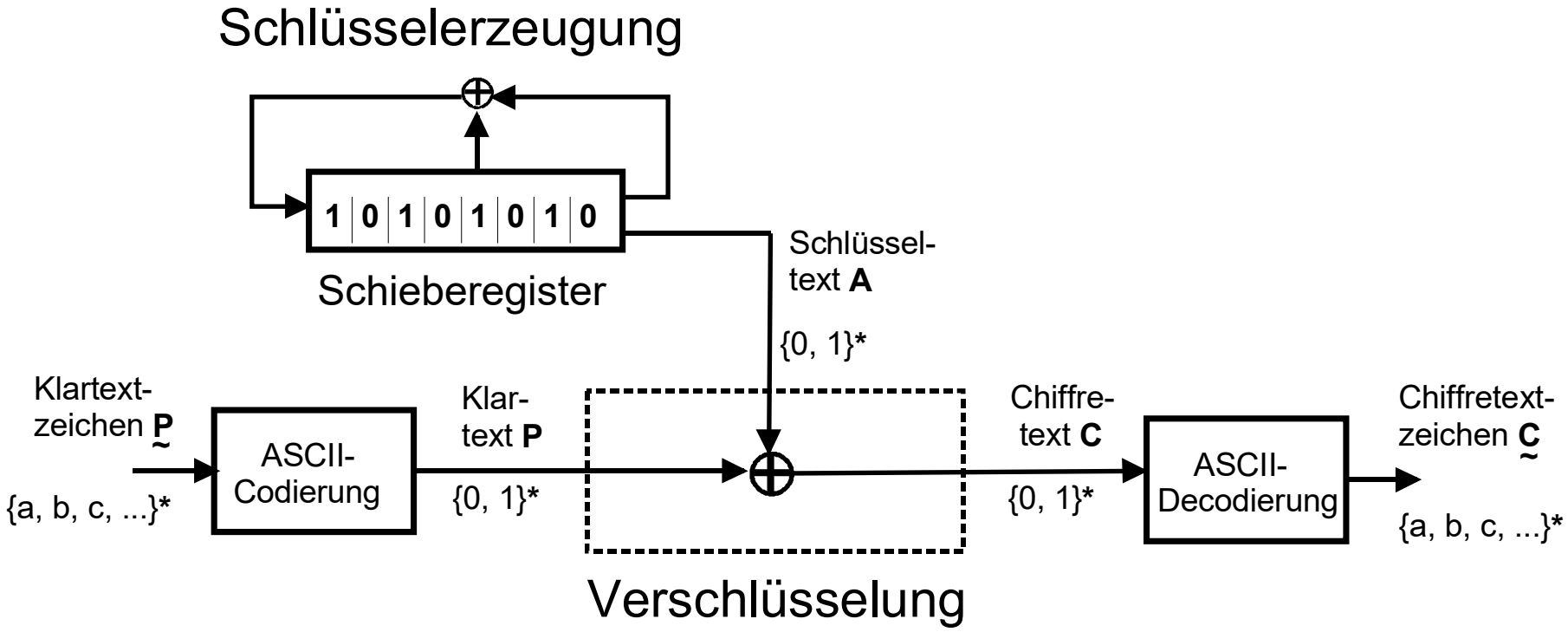


- Schlüsselgesteuerte Transformation (asymmetrisch)
- Formale Beschreibung durch das Quintupel: (P, C, K, E, D)
  (**P** = Plaintext, **C** = Ciphertext, **K** = Key, **E** = Encryption,
  D = Decryption)

Namensgebung:

Klartext **P** (plaintext)	lesbarer Text einer Nachricht (message), z. B. Buchstaben, Zahlenfolge, Zeichenkette etc., welche man vertraulich übermitteln möchte
Geheimtext **C** (ciphertext)	verschlüsselte, tatsächlich übermittelte Nachricht (Zeichenkette über dem gleichen Alphabet A oder einem anderen Alphabet B)
Schlüssel **K**	Geheimnis (Parameter, der in der Rechenvorschrift zur Anwendung kommt, Sicherheit $\rightarrow$ Kerckhoffs)
Chiffrieralgorithmus **E** bzw. **D**	Rechenvorschrift zum Ver- bzw. Entschlüsseln mit $\mathbf{C} := E(\mathbf{P}, \mathbf{K})$ und $\mathbf{P} := D(\mathbf{C}, \mathbf{K}^{-1}) = D(E(\mathbf{P}, \mathbf{K}), \mathbf{K}^{-1})$
Vorgang	chiffrieren = verschlüsseln $\rightarrow$ encryption (enc E) dechiffrieren = entschlüsseln $\rightarrow$ decryption (dec D)

Prinzip einer Stromchiffre



Die 26 möglichen Verschiebechiffren des Alphabets:

Klartext:		a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
Chiffretexte:	**0**	A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
	1	B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A
Schlüssel	**2**	C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B
k	**3**	D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C
↓	**4**	E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D
	5	F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E
	6	G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F
	7	H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G
	8	I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C D E F G H
		...
	25	Z A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y

Beispiel (Vigenère-Chiffre)

Plaintext:

- P = s c h w a c h s t e l l e n a n a l y s e

Ciphertext:

- C = X H M B F H M X Y J Q Q J S F S F Q D X J

Key:

- K = 5

Encryption:

- E = z $\rightarrow$ (z + k) mod n ; z = Plaintextzeichen

Decryption:

- D = z' $\rightarrow$ (z' – k) mod n ; z' = Ciphertextzeichen

Prinzip einer Hill-Chiffre (Lester S. Hill; 1891-1961, US-amer.)
Mathematiker, Lehrer und Kryptograph

Ausgangslage:

- Restklassenring $\mathbf{Z}_p = \{0, 1, ..., p - 1\}$ mit $p \in \mathbf{IP}$ ist ein Körper.
- In einem Körper existiert die **modulare Inverse**.

Algorithmus:

Verschlüsselung: $\mathbf{C} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{K} \pmod p$ **C** = Chiffrat

Entschlüsselung: $\mathbf{P} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{K}^{-1} \pmod p$ **P** = Klartext

K = Schlüsselmatrix

C, **P**, **K** sind Matrizen, z. B. 3 x 3 $\rightarrow$ 64 Bit Blocklänge

Daten, Nachrichten und Informationen

(1912 – 1954)

Alan Mathison Turing

- britischer Mathematiker und Kryptoanalytiker (Bletchley Park, 1943)
- einflussreichster Theoretiker der Computerentwicklung (Colossus)
- legte die theoretischen Grundlagen der frühen Informatik (Berechen- und Entscheidbarkeit)
- maßgeblich an der Entzifferung von Enigma-verschlüsselten Funksprüchen beteiligt

Von 1945 bis 1948 im National Physical Laboratory, Teddington, tätig am Design der **A**utomatic **C**omputing **E**ngine (ACE)

Shannonsche Theorie

Wichtige **Konstruktionsprinzipien** für die kryptographische Sicherheit sind Konfusion und Diffusion.

Konfusion:

Die Konfusion einer Blockchiffre ist dann groß, wenn die statistische Verteilung der Chiffretexte in Abhängigkeit von der Verteilung der Klartexte für den Angreifer zu groß ist (keine Ausnutzbarkeit).

Diffusion:

Die Diffusion einer Blockchiffre ist dann groß, wenn jedes einzelne Bit des Klartextes (und des Schlüssels) möglichst viele Bits des Chiffretextes beeinflusst (typisch etwa 50 %).

Komplexität:

Das Entscheidungsproblem **PRIMES** besteht darin, zu entscheiden, ob es sich bei einer gegebenen natürlichen Zahl **z** > 1 um eine Primzahl handelt. Dabei sei die Zahl **z** zur Basis **b** $\in$ **IN** dargestellt.

Die dazugehörige Sprache sei mit $\mathbf{L_b}$ = **L [PRIMES, b]** bezeichnet.

Satz:

Sei $\mathbf{L_1}$ **:= L [PRIMES, 1]**. Erst 2002[1)] konnte gezeigt werden, dass gilt:

$\mathbf{L_1}$ liegt in **P**

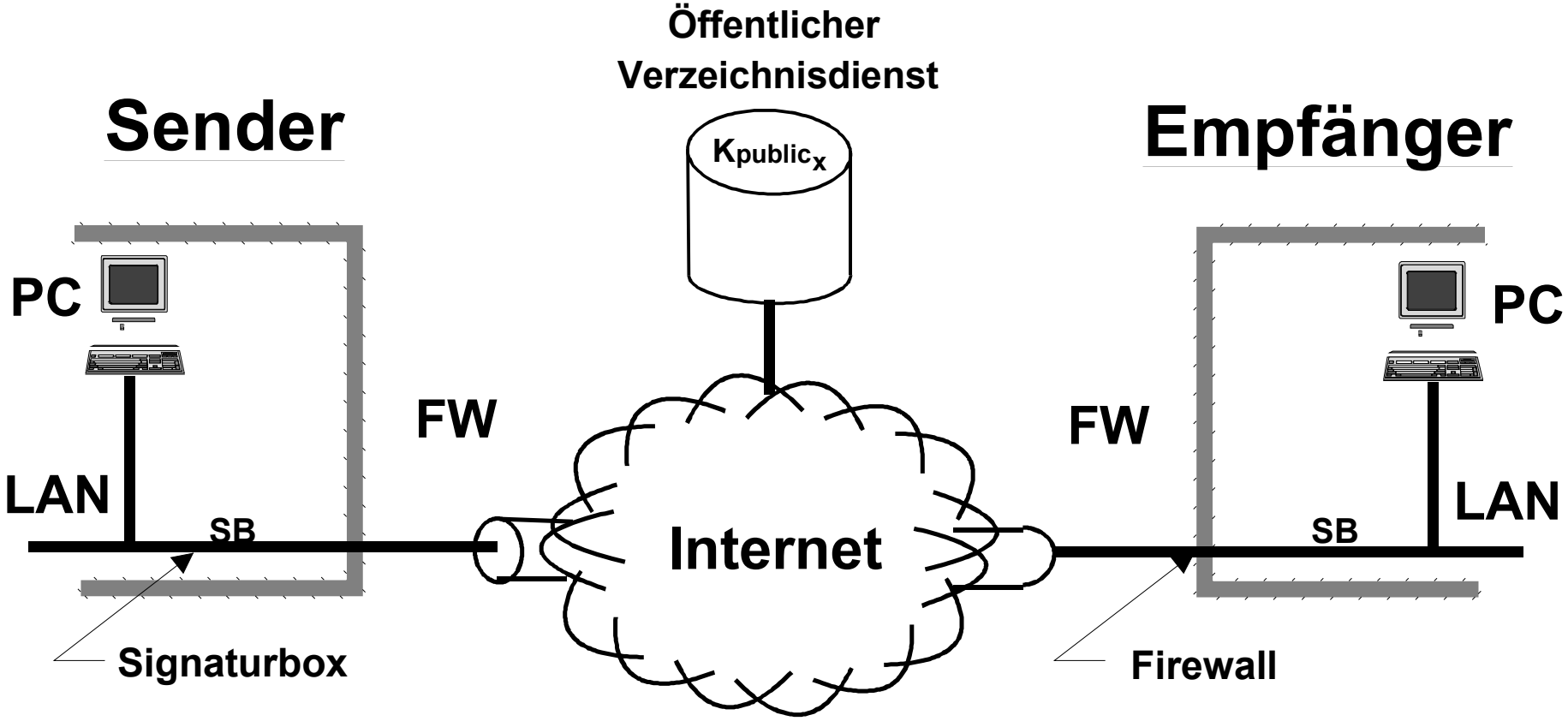
d. h. es gibt eine DTM, deren Laufzeit von der Ordnung $\mathbf{O(n^3)}$ und damit polynomial beschränkt ist.

1) Drei indische Mathematiker: M. Agrawal, N. Kayal und N. Saxena

Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Teil 3: Schutzziele der Datensicherheit

- Begrifflichkeiten im Kontext von Datensicherheit
- Sicherheitsanforderungen und Sicherheitsziele
- Verschlüsselungsfunktionen und -algorithmen
- Kryptographische Hashfunktionen und digitale Signaturen
- Schlüsselmittel


Öffentlicher
Verzeichnisdienst
Kpublic x
Sender
Empfänger
PC
PC
FW
FW
LAN
LAN
SB
SB
Internet
Signaturbox
Firewall

Sicherheitsanforderungen werden i. a. mit handelnden Subjekten und schützenswerten Objekten verknüpft.

- **was** soll geschützt werden? $\Rightarrow$ schützenswerte Objekte
- **vor wem** oder was soll geschützt werden $\Rightarrow$ handelnde Subjekte

Die (positive) Verknüpfung von Subjekten und Objekten wird im folgenden **Schutzziel** oder **Sicherheitsziel** genannt.

Zur Erreichung der Sicherheitsziele (Schutzziele) müssen geeignete **Sicherheitsdienste** bzw. **Sicherheitsfunktionen** und -maßnahmen bereitgestellt werden.

Sicherheitsfunktionen werden durch ihnen zugrunde liegenden **Sicherheitsmechanismen** (Sicherheitsalgorithmen) realisiert.

Sicherheit ist die Wahrscheinlichkeit, einen bezifferbaren oder nicht bezifferbaren Schaden zu verhindern oder zumindest auf ein erträgliches Restmaß (Restrisiko) einzuschränken ⇒ Schutzziele

Grundlegende Sicherheitsziele:

Vertraulichkeit	→	Schutz gegen unautorisierte Kenntnisnahme
Integrität	→	Schutz gegen unautorisierte Veränderung
Verfügbarkeit	→	Schutz gegen unautorisierte Vorenthaltung/ Verweigerung
Verbindlichkeit (Authentizität)	→	Schutz gegen Verlust der Beweisbarkeit/ Zurechenbarkeit und nicht Abstreitbarkeit

Grundlegende Sicherheitsfunktionen und -maßnahmen:

1. Vertraulichkeitsschutz

Kryptographische Algorithmen sind Berechnungsvorschriften, d. h. mathematisch / logische Funktionen zur Ver- und Entschlüsselung von Nachrichten.

Bei **symmetrischen Algorithmen** wird zum Chiffrieren und zum Dechiffrieren immer der gleiche Schlüssel **K** benutzt.

Bei **asymmetrischen Algorithmen** werden zum Ver- und Entschlüsseln zwei unterschiedliche Schlüssel $\mathbf{K_1}$ bzw. $\mathbf{K_2}$ benutzt, die allerdings miteinander korrespondieren. Es gilt:

$$\mathbf{C} := E(\mathbf{M}, \mathbf{K_1}) \text{ und } \mathbf{M} := D(\mathbf{C}, \mathbf{K_2}) = D(E(\mathbf{M}, \mathbf{K_1}), \mathbf{K_2})$$

Grundlegende Sicherheitsfunktionen und -maßnahmen:

1. Vertraulichkeitsschutz (Fortsetzung)

Man unterscheidet bei Kryptoalgorithmen zwischen **Stromchiffren** und **Blockchiffren**.

- Stromchiffren: Zeichen für Zeichen
- Blockchiffren: Nachricht **M** in Blöcke z. B. der Länge n = 64 Bit aufgeteilt

Die Vereinigung von Algorithmus, zugehörigen Schlüsseln und den verschlüsselten Nachrichten (Kryptogramme) wird **Kryptosystem** genannt.

Der **Schlüsselraum**, d. h. die Menge, aus der ein Schlüssel gewählt wird, sollte möglichst groß sein. Er sollte mindestens so groß sein, dass der Aufwand (Kosten, Zeit, Speicherplatz/Datenmenge) für einen Angriff unakzeptabel hoch wird.

Grundlegende Sicherheitsfunktionen und -maßnahmen:

2. Integritätsschutz

Man unterscheidet beim Integritätsschutz zwischen **Hashfunktionen** und **digitalen Signaturen**.

Eine Hashfunktion **hash** ist eine Abbildung, die für eine beliebig lange Nachricht **M** einen Funktionswert **H** (den Hashwert) fester Länge liefert.

$$H = hash(M)$$

Darüber hinaus muß sie gewisse Bedingungen (Einwegeigenschaft, Kompressionseigenschaft, Kollisionsfreiheit) erfüllen.

Eine Besonderheit sind schlüsselabhängig Hashfunktionen, sogenannte **Keyed-Hash Message Authentication Code** (**HMAC**).

Grundlegende Sicherheitsfunktionen und -maßnahmen:

2. Integritätsschutz (Fortsetzung)

Eine digitale Signatur ist ein Datensatz $\mathbf{Sig_T}$, der zusätzlich zu einem Dokument **M** erzeugt wird und dabei das signierte Dokument eindeutig einem Teilnehmer **T** zuordnet:

$$\mathbf{Sig_T = sig(H, Sk_T)}$$

Verwendung findet bei der Signaturerstellung der **geheime** Schlüssel des Teilnehmers T.

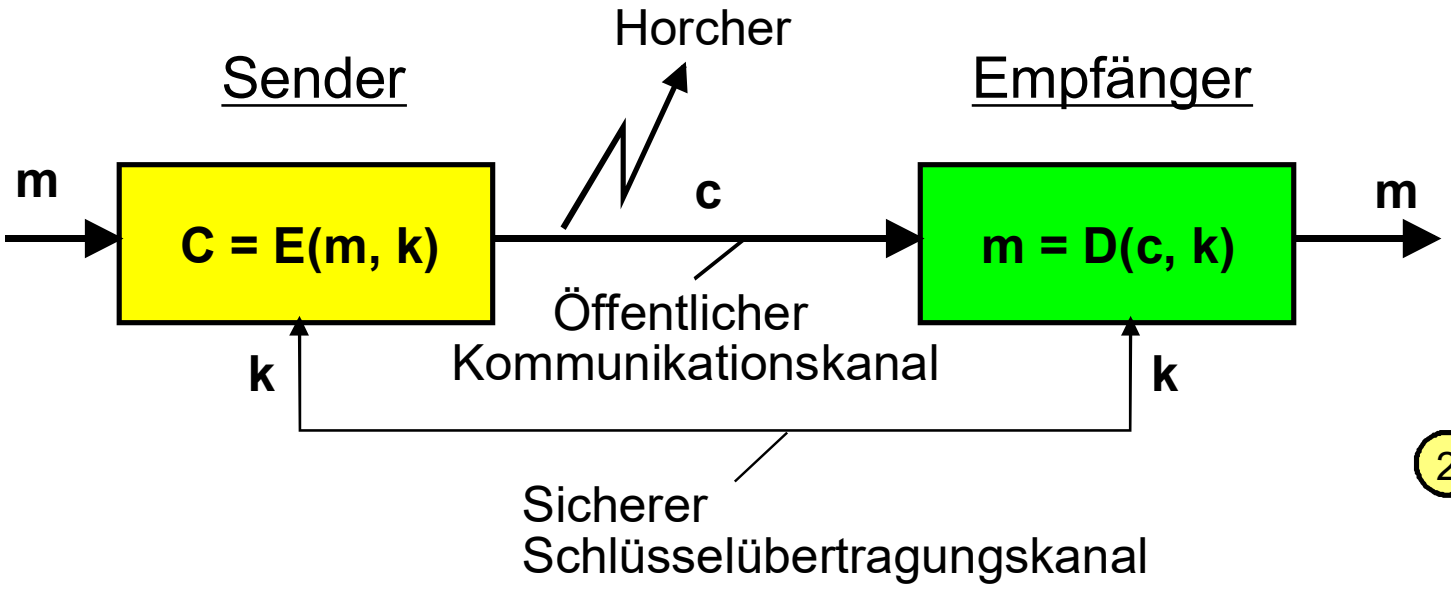
Bei der Signaturprüfung wird der zugehörige **öffentliche** Schlüssel des Teilnehmers T benötigt.

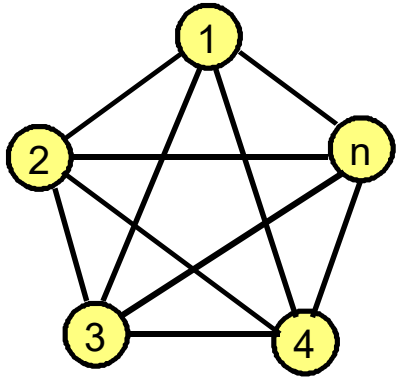
$\Rightarrow$ Public Key System

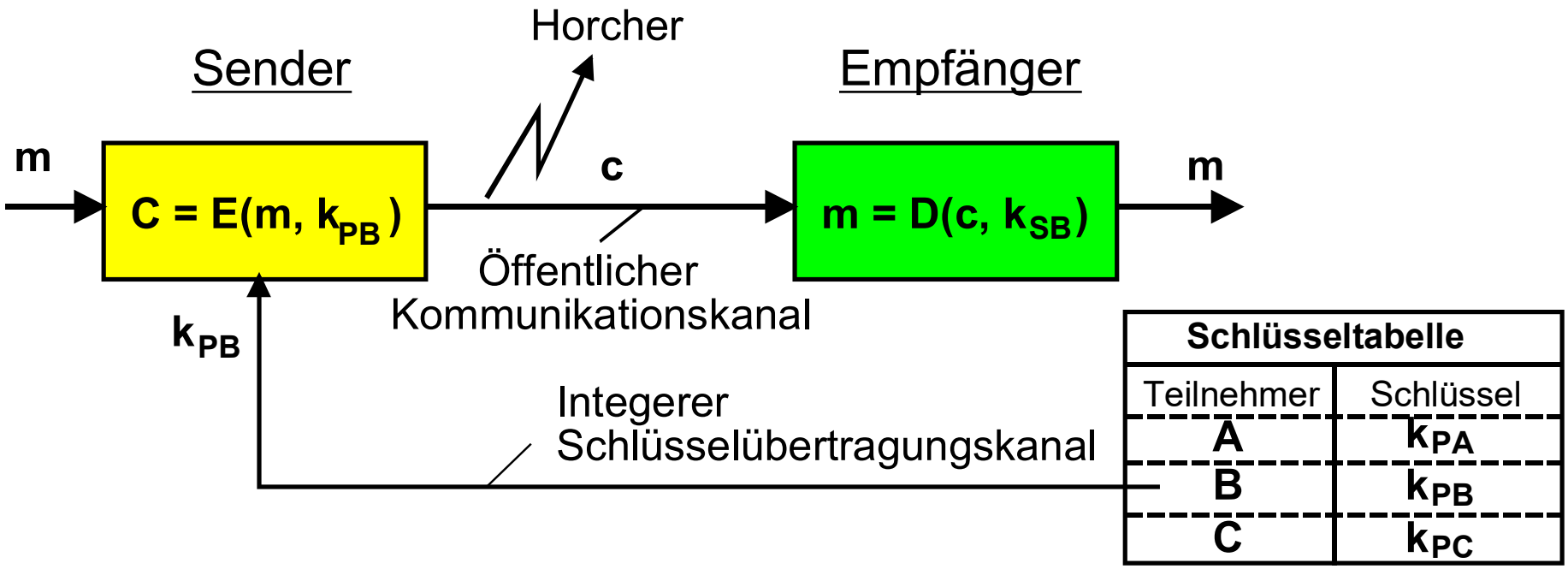
Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Teil 4: Basismechanismen der Kryptologie (Überblick)

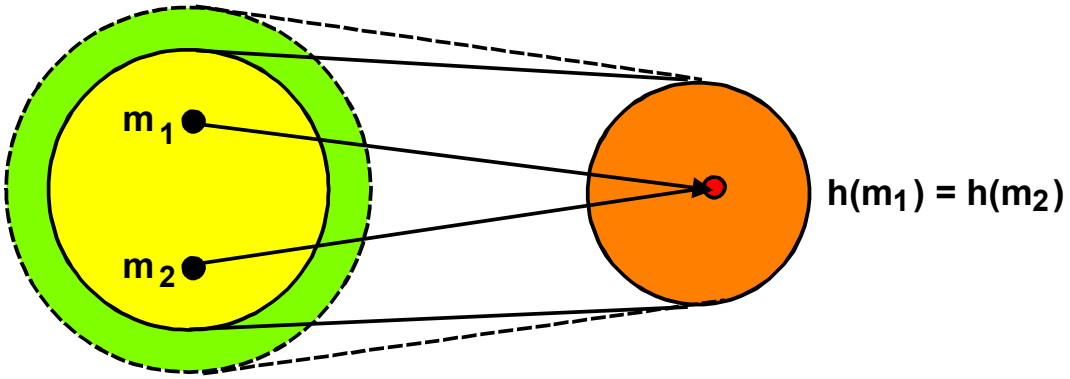
- Symmetrische Ver- und Entschlüsselung
- Asymmetrische Ver- und Entschlüsselung
- Kryptographische Hashfunktionen
- Message Authentication Code
- Digitale Signaturen
- Schlüsselmittel


Horcher
Sender
Empfänger
m
C = E(m, k)
c
m = D(c, k)
m
Öffentlicher
Kommunikationskanal
k
k
Sicherer
Schlüsselübertragungskanal


1
2
n
3
4


Horcher
Sender
Empfänger
m
C = E(m, k_PB)
c
m = D(c, k_SB)
m
Öffentlicher
Kommunikationskanal
k_PB
Integerer
Schlüsselübertragungskanal
Schlüsseltabelle
Teilnehmer
Schlüssel
A
k_PA
B
k_PB
C
k_PC

Basismechanismen im Überblick



hier:

Prinzip einer Hashfunktion
mit Kollision

Basisprinzip:

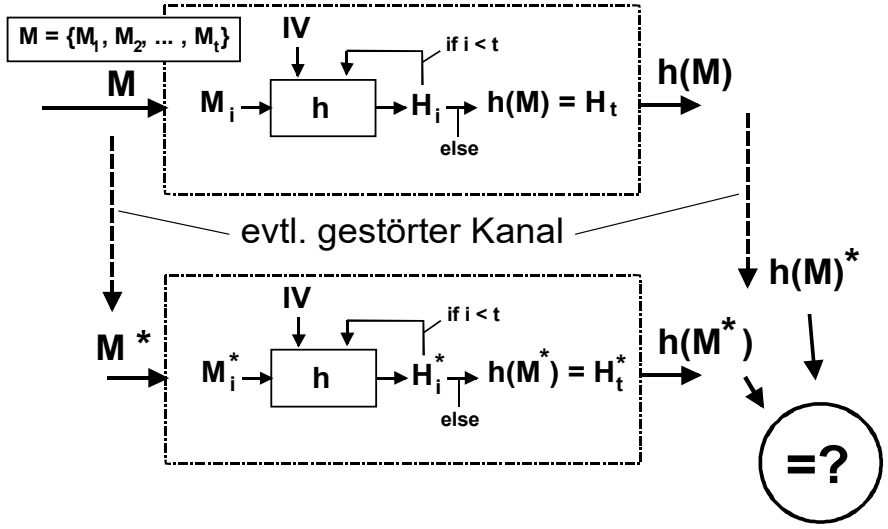
- Nachricht beliebiger und Hashwert fester Länge (typ. 128 Bit)
- Digitaler Fingerprint

Eigenschaften:

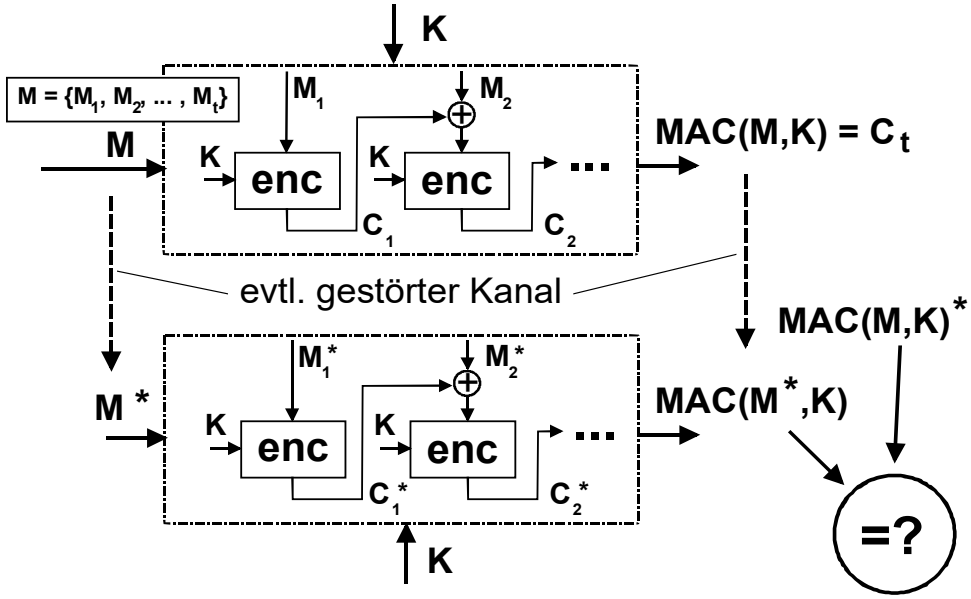
- kollisionsresistent
- mit und ohne geheimen Schlüssel (→ **MD** bzw. **MAC**)

Basismechanismen im Überblick

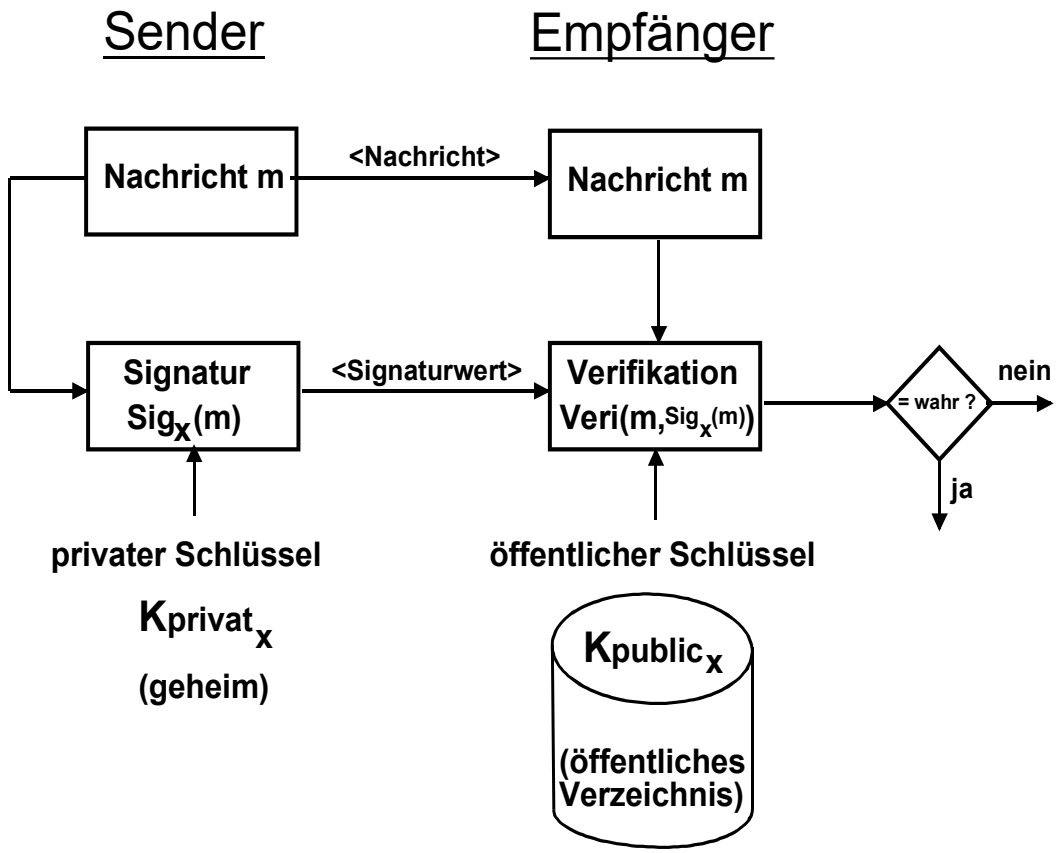
Message Digest (**MD**)



Message Authentication Code (**MAC**)



Basismechanismen im Überblick



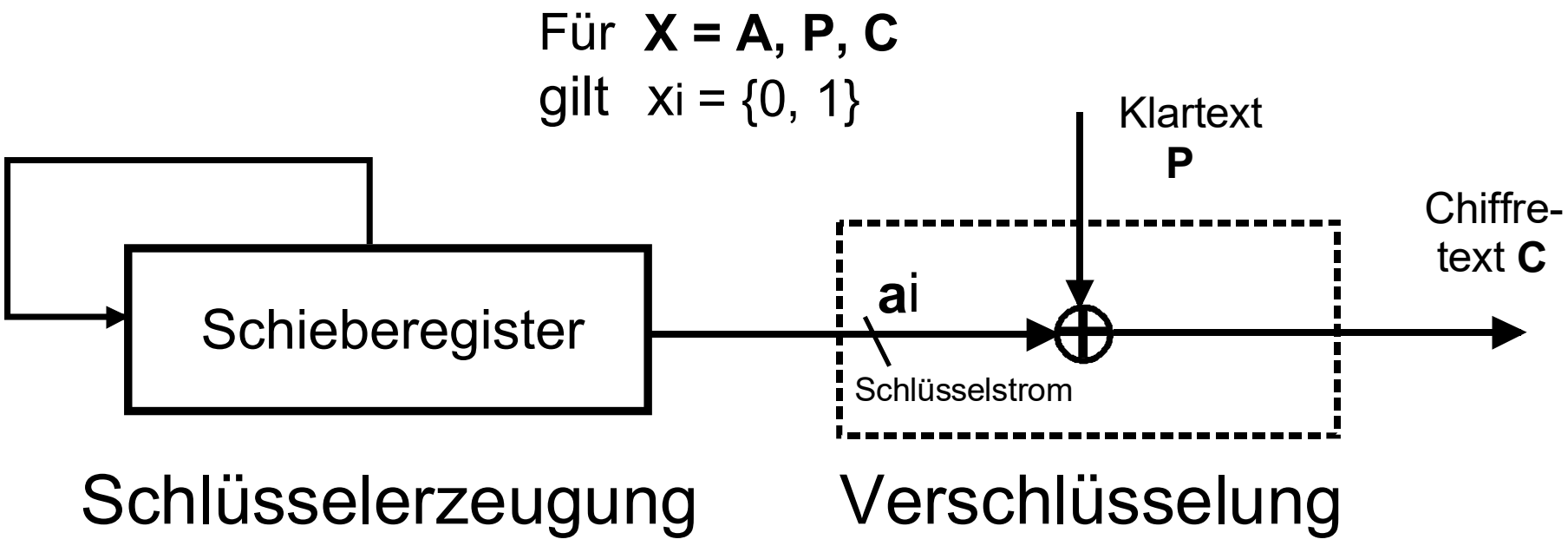
Basisprinzip:

- Privater (geheimer) und öffentlicher Schlüssel
- Signaturwert mit privatem Schlüssel

Eigenschaften:

- Nachweisbarkeit
- Nicht Abstreitbarkeit
- Authentizität
- Echtheit
- Identitätsnachweis

Lineare rückgekoppelte Schieberegister



Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Teil 5: Kryptanalyse

- Das Prinzip von Kerckhoffs
- Typen von Attacken
- Angriffsstrategien und Analyseverfahren
- Klassifizierung der Sicherheit von Kryptosystemen
- Steganographie

Alexandre Auguste Kerckhoffs von Nieuwenhof (niederl. Philologe, 1835 – 1903)

- Klassische Kryptographie ist geprägt vom Wechselspiel zwischen Kryptographie und Krypanalyse (Erkenntnisse $\rightarrow$ Entwicklungen).
- Die Sicherheit eines Kryptosystems darf nicht von dessen Geheimhaltung, sondern nur von der Schlüssellänge abhängen.

Seien **P**, **C**, **K** die Mengen der Plaintexte, Chiffretexte bzw. Schlüssel und **E : P x K $\rightarrow$ C** ein Verschlüsselungssystem. Ist ein Kryptoanalytiker im Besitz eines Plaintext-Chiffretextpaares (p, c) $\in$ **P x C**, so kann der verwendete Schlüssel k durch **vollständige Suche** ermittelt werden, da **E(p, k) = c** gelten muss.

- **Ciphertext-only-Attack:**

  Es besteht lediglich die Möglichkeit, für die Analyse verschlüsselte Daten (ciphertext) in beliebigem Umfang zu verwenden.

- **Known-Plaintext-Attack:**

  Es stehen Klartext-Schlüsseltextpaare zur Verfügung, wobei bei der Analyse ausgenutzt wird, dass bestimmte Textphrasen häufig verwendet werden.

- **Chosen-Plaintext-Attack:**

  Hier verwendet der Kryptoanalytiker beim Angriff die Chiffrate zu selbstgewählten Klartexten.

- **Vollständiges Suchen:**
  Die gesamte Schlüsselmenge wird durchsucht, um den jeweils verwendeten Schlüssel zu finden (ohne praktische Bedeutung).
- **Trial and Error:**
  Im Gegensatz zur vollständigen Suche wird vorausgesetzt, dass eine Strukturanalyse dazu geführt hat, die Schlüsselwahl einzuschränken.
- **Statistische Methoden:**
  Hierbei werden statistische Eigenschaften (Verteilungen) verwendet, um Rückschlüsse auf den zugehörigen Klartext zu ermitteln.
- **Strukturanalyse:**
  Ausgenutzt werden spezielle Strukturen mit dem Ziel, effiziente Algorithmen zum Brechen des Kryptoverfahrens zu entwerfen.

Ein Kryptosystem heißt

- **absolut sicher,**
  wenn nicht genug Information gewonnen werden kann, um hieraus den Klartext oder den Schlüssel zu rekonstruieren.
- **analytisch sicher,**
  wenn es kein nichttriviales Verfahren gibt, mit dem es systematisch gebrochen werden kann.
- **komplexitätstheoretisch sicher,**
  wenn es keinen Algorithmus gibt, der das Kryptosystem in Polynomialzeit in Abhängigkeit der Schlüssellänge brechen kann.
- **praktisch sicher (→ starke Verfahren),**
  wenn kein Verfahren bekannt ist, welches das Kryptosystem mit vertretbarem Ressourcen-, Kosten- und Zeitaufwand brechen kann.

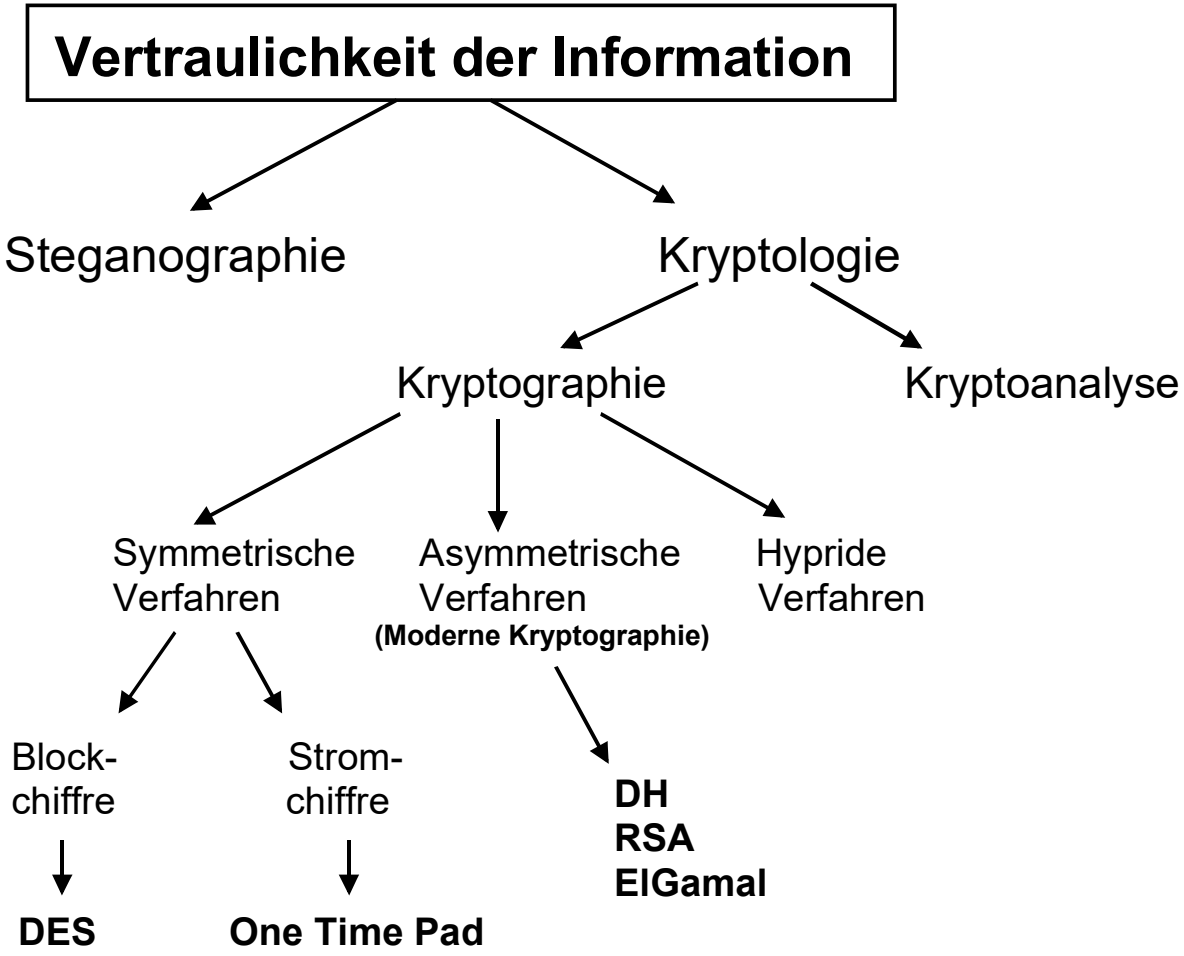
Schlüssellänge

Für die Beurteilung der benötigten Schlüssellänge sind folgende Definitionen sehr hilfreich:

1. Ein **Algorithmus** gilt als **sicher**, wenn
   - der zum Aufbrechen nötige Geldaufwand den Wert der verschlüsselten Daten übersteigt oder
   - die zum Knacken erforderliche Zeit größer ist als die Zeit, die die Daten geheim bleiben müssen, oder
   - das mit einem bestimmten Schlüssel chiffrierte Datenvolumen kleiner ist als die zum Knacken erforderliche Datenmenge.

2. Ein **Algorithmus** gilt als **uneingeschränkt sicher**, wenn der Klartext auch dann nicht ermittelt werden kann, wenn Chiffretext in beliebigem Umfang vorhanden ist $\Rightarrow$ **starke Kryptographie**.

Wahrung der Vertraulichkeit



D	V	A	B	S	Z
I	H	E	E	S	E
Y	T	E	H	O	T
E	I	Y	T	S	N
I	G	A	E	H	Y
D	O	Y	U	E	I
M	A	N	B	B	L
O	T	I	O	D	S

D		A		S	
I				S	
					T
E	I				N
	G		E	H	
				E	I
M		N			
		I			S

Beispiel für eine verdeckte Botschaft

Was verbirgt sich hinter der folgenden Kleinanzeige?

- Räumung
- Seniorenumzug
- Ankauf

KLEINTRANSPORTE

Eriko Yamashita

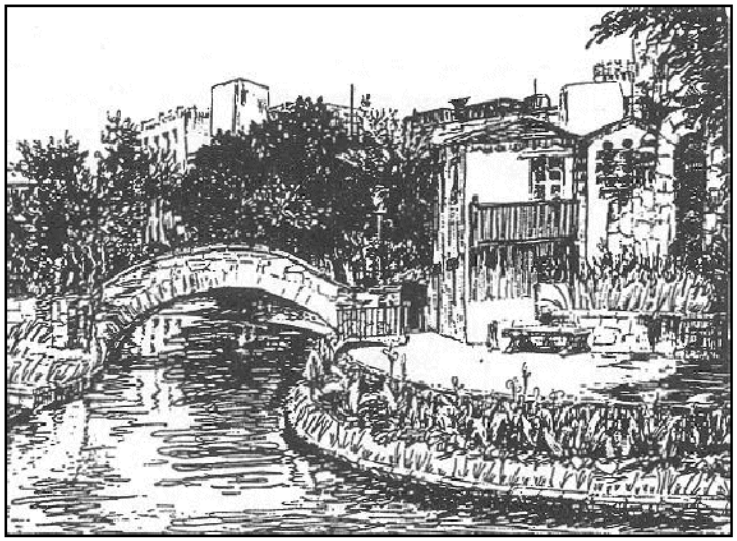
intelligent - sauber - tadellos

Tel: 0126-114719

Hinweis: Man beachte Anfangsbuchstaben und Tel.-Nr.

Beispiel für eine verdeckte Botschaft

Wo verbirgt sich die Nachricht? Wie lautet diese?



Hinweis: Man beachte den Verlauf des San Antonio Rivers (1945)

- **Semagramme:** Nachrichten, die in Details von Skizzen oder Gegenständen verborgen sind.
- Die Botschaft wurde unter Anwendung des Morsealphabets (kurz, lang und Pause/ Leerraum) codiert.
- Zeitschema „ein/aus“ optisch aus der Länge der Grashalmen links von der Brücke auf der kleinen Mauer und rechts entlang des Flusses.

David Kahn: The Codebreakers, Macmillan, 1996, S. 155 ff.

Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Zusammenfassung:

- Aufgrund der gegenwärtigen Gefährdungslage im IT-Bereich sind IT-Sicherheitsmaßnahmen (Funktionen) unerlässlich.
- Die Realisierung von IT-Sicherheitsmaßnahmen und -funktionen erfolgt mit den Mitteln der Kryptologie.
- Wir unterscheiden in klassische und moderne Kryptologie (sog. Public Key Cryptographie).
- Besondere Bedeutung in der Praxis hat nach wie vor die Informationsverschlüsselung (Geheimhaltung).

Kap. 1: Einführung in die Informationssicherheit

Zusammenfassung (Fortsetzung):

- Hashwerte und Message Authentication Codes dienen zum Nachweis der Authentizität der Daten, besitzen aber keine Beweiskraft gegenüber Dritten.
- Eine digitale Signatur wird mittels des geheimen Schlüssels des Urhebers gebildet.
- Die Überprüfung der Korrektheit einer Signatur findet mittels des zugehörigen öffentlichen Schlüssels statt.
- Die Urheberschaft kann gegenüber Dritten bewiesen werden.