

# IT-Sicherheit

Prof. Dipl.-Ing. Klaus Knopper

Stand: 25. September 2020

Master-Vorlesung an der Hochschule Kaiserslautern  
im Wintersemester 2019/20

## Inhaltsverzeichnis

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 Organisatorisches</b>  | <b>0</b> |
| <b>2 Einleitung</b>   | <b>1</b> |
| 2.1 Einordnung IT-Sicherheit . . . . .  | 1        |
| 2.2 Ziele der Informationssicherheit . . . . .  | 2        |
| 2.2.1 Vertraulichkeit . . . . .   | 3        |
| 2.2.2 Verfügbarkeit . . . . .   | 3        |
| 2.2.3 Integrität . . . . .  | 4        |
| <b>3 Verschlüsselung und Signatur</b>   | <b>4</b> |
| 3.1 Symmetrische Verschlüsselung . . . . .  | 5        |
| 3.2 Asymmetrische Verschlüsselung . . . . .   | 7        |
| 3.3 Beispiel: Generierung und Benutzung eines asymmetrischen Schlüsselpaars nach dem<br>RSA-Verfahren . . . . . | 10       |
| 3.4 Übungen zu Verschlüsselung und Signatur . . . . .   | 14       |
| 3.4.1 GnuPG . . . . .   | 15       |
| 3.4.2 OpenSSL . . . . .   | 17       |
| 3.4.3 Passwortloses sicheres Login mit SSH-Keys . . . . .   | 21       |
| 3.4.4 Fazit . . . . .   | 22       |
| 3.5 Datenträger-Verschlüsselung . . . . .   | 22       |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.6      | Löschen von Daten . . . . .  | 28        |
| 3.7      | Datenrettung und Forensik . . . . .  | 29        |
| <b>4</b> | <b>Sicherheit im Netzwerk</b>  | <b>30</b> |
| 4.1      | Grundlagen TCP/IP unter Berücksichtigung von Angriffspunkten . . . . .   | 31        |
| 4.2      | Firewall . . . . .   | 38        |
| 4.3      | Network Address Translation und Masquerading . . . . .   | 39        |
| 4.4      | Fallbeispiel: IoT-Gerät (WLAN-Steckdose) . . . . .   | 47        |
| 4.4.1    | Wieso kann man man aus dem Internet die Steckdose ein- und ausschalten? . . .  | 47        |
| 4.4.2    | Fremdgesteuert: Der Spion im Haus . . . . .  | 47        |
| 4.4.3    | Abhilfe? . . . . .   | 47        |
| 4.5      | Eindringen von Schadsoftware in Netzwerke über Messaging / Mail . . . . .  | 51        |
| <b>5</b> | <b>IT-Sicherheit im Gesamtkonzept, Normen und Gesetze</b>  | <b>56</b> |
| 5.1      | Normen und Zertifizierungen . . . . .  | 57        |
| 5.2      | IT- und Netzwerk-Planung . . . . .   | 58        |
| 5.3      | Computer Emergency Response (Team) . . . . .   | 59        |
| 5.4      | Gesetzliche Grundlagen - Das IT-Sicherheits Gesetz . . . . .   | 59        |
| <b>6</b> | <b>Aktuelle Themen (Vorschläge)</b>  | <b>60</b> |
| 6.1      | Blockchain: Krypto-Wallets und Hardware Ledger - Sichere Aufbewahrung für Krypto-Assets . . . . .                                | 60        |
| 6.2      | Authentifizierung von SaaS-Anwendungen - Passwort(-Generierungs-Tabellen), Einmalpasswörter (TANs, mTANs), Zwei-Faktor . . . . . | 61        |
| 6.3      | Zentrale (Single Sign On) vs. Dezentrale Authentifizierung . . . . .   | 63        |
| 6.4      | Vertiefung: Angriffsvektoren in webbasierten Anwendungen . . . . .   | 63        |
| 6.5      | Wie funktioniert <i>SQL-Injection</i> und wie kann der Programmierer dies verhindern? . . . . .                                  | 63        |
| 6.6      | Chancen und Risiken von Service/IoT-Verzeichnissen wie <i>Shodan</i> . . . . .   | 63        |
| 6.7      | Post Mortem: Was tun, wenn Schadsoftware auf einem Rechner festgestellt wurde? Erste oder letzte Maßnahmen. . . . .              | 63        |

# 1 Organisatorisches

## Organisatorisches

☞ Modul „Recht der Informationstechnologie und IT-Sicherheit“, Teil „IT Sicherheit“, Vorlesung mit Übungen jeweils Freitags 10:30 Uhr in A216.1

Fr. 11.10.2019 Organisatorisches, Einführung

Fr. ... ..

3.2.2020 Klausur



<http://knopper.net/bw/itsec>

Folie 1

## Kursziel

- ☞ Grundlagen der zu schützenden Güter und Schutzmechanismen kennen lernen,
- ☞ Schwachstellen und Angriffspunkte sowie Ansätze zur Verteidigung kennen lernen (praktischer Teil),
- ☞ IT-Sicherheit als integraler Bestandteil eines Gesamtkonzeptes verstehen,
- ☞ „Best Practice“ Beispiele, Normen und Anleitungen zur IT-Sicherheit kennen.

Folie 2

## Zur Benutzung von Folien/Skript

- ⇒ Der Foliensatz wird nach Bedarf während des Semesters erstellt (Work in Progress). Daher bitte Vorsicht beim Ausdrucken.
- ⇒ Verweise auf sinnvolle [Sekundärliteratur](#) sind entsprechend gekennzeichnet und i.d.R. direkt anklickbar.
- ⇒ Prüfungsrelevant (Klausur) sind grundsätzlich alle in der Vorlesung und in den Übungen behandelten Themen.

Folie 3

In der Skript-Version befinden sich neben den Folien aus der Vorlesung auch noch weitere Kommentare, Fußnoten und Links, die zur Wiederholung und Klausurvorbereitung nützlich sein können.

## 2 Einleitung

### 2.1 Einordnung IT-Sicherheit

#### IT-Sec. und der Business Value of IT (1)

$$BVIT = \frac{\text{Business Performance}}{\text{IT Investment}}$$

IT Investment: Eine Investition in die **Fähigkeit, ein Geschäft zu führen**

Der **Geschäftserfolg** (Business success, business value, linke Seite der Gleichung) hängt wesentlich davon ab, den Zählerwert in der Wertgleichung (Business Performance) zu erhöhen, nicht (nur) den Wert des Nenners zu reduzieren.

Folie 4

## IT-Sec. und der Business Value of IT (2)

Was bedeutet dies für die „IT Security“, die ja als Investition im Nenner steht und sich somit grundsätzlich erst mal „negativ“ auf das Ergebnis auswirkt?

☞ Die **Business Performance** hängt vom **Funktionieren der IT** ab. Ein Ausfall durch unzureichendes IT Investment in die Infrastruktur kann also den Wert des Zählers in verheerender Weise zerstören.

Folie 5

Die Art der Investition in IT-Sicherheit muss bereits in der Planung der Infrastruktur berücksichtigt werden. Eine nachträgliche „Aufbesserung“ ist i.d.R. mit deutlich höheren Kosten verbunden als eine strukturelle Maßnahme von Anfang an. (s. Folien ☞ (56) ff.)

## 2.2 Ziele der Informationssicherheit

### Ziele

- ☞ ☞ Vertraulichkeit
- ☞ ☞ Integrität
- ☞ ☞ Verfügbarkeit

Folie 6

## 2.2.1 Vertraulichkeit

### Vertraulichkeit

☞ Vertraulichkeit ist die Eigenschaft einer Nachricht, nur für einen beschränkten Empfängerkreis vorgesehen zu sein. Weitergabe und Veröffentlichung sind nicht erwünscht. Vertraulichkeit wird durch Rechtsnormen geschützt, sie kann auch durch technische Mittel gefördert oder erzwungen werden.

Maßnahmen: ☞ Verschlüsselung, ☞ Digitale Rechteverwaltung (z.B. DRM)

Folie 7

## 2.2.2 Verfügbarkeit

### Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit eines technischen Systems ist die **Wahrscheinlichkeit** oder das Maß, dass das System bestimmte Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. innerhalb eines vereinbarten Zeitrahmens erfüllt.

Als Kennzahl:

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Gesamtzeit} - \text{Ausfallzeit}}{\text{Gesamtzeit}}$$

Auch: Uptime = Gesamtzeit – Ausfallzeit oder „Mean Time between Failure“, (☞ MTBF)

Maßnahmen: Redundanz, Backup, Archivierung, Hot-Standby, ...

Problem: Haltbarkeit aktueller physischer Datenträger!

Folie 8

### 2.2.3 Integrität

## Integrität

s.a. Wikipedia

Alte Definition: „Verhinderung unautorisierter Modifikation von Information“

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI): „Korrektheit (Unversehrtheit) von Daten und der korrekten Funktionsweise von Systemen“ (weiter gefasst)

Kriterien: **Korrekt**er Inhalt, **Unmodifizierter Zustand** bzw. die **Möglichkeit, Modifikationen zu erkennen und zuzuordnen zu können**

Maßnahmen: ☞ **Prüfsummen**, ☞ **Digitale Signatur**

Folie 9

## 3 Verschlüsselung und Signatur

### Verschlüsselung und Signatur

Ziel Verschlüsselung: Nur **berechtigten Personen** den Zugriff auf die Daten ermöglichen (Vertraulichkeit)

Ziel Signatur: Beweis, dass ein Dokument oder eine Datei **unverändert, wie von den Autoren veröffentlicht** ist, und nicht manipuliert wurde. (Authentizität)

Mittel: Anwendung (möglichst sicherer) mathematisch-algorithmischer Verfahren.

⇒ Symmetrische Verfahren [5]

⇒ Asymmetrische Verfahren [7]

Folie 10

Während in der **symmetrischen Verschlüsselung** der gleiche Code („symmetrischer Schlüssel“) zum Verschlüsseln und Entschlüsseln einer Nachricht verwendet wird, ist beim asymmetrischen Verfahren zwei **unterschiedliche, aber zusammen gehörende** Schlüssel zum Ver- und Entschlüsseln notwendig. Beide Verfahren werden in diesem Skript exemplarisch gezeigt.

### 3.1 Symmetrische Verschlüsselung

#### Symmetrische Verschlüsselung

Der **Caesar-Algorithmus** ist eines der einfachsten (und unsicheren) Verfahren, um Verschlüsselung zu zeigen.

```
if(eingabe >= 'A' && eingabe <= 'M')
    ausgabe = eingabe + 13;
else if(eingabe >= 'N' && eingabe <= 'Z')
    ausgabe = eingabe - 13;
else
    ausgabe = eingabe;
```

Folie 11

Aus dem Eingabetext "**HALLO WELT**" wird "**UNYYB JRYG**" und umgekehrt, der Algorithmus ist also umkehrbar. Der „Schlüssel“ ist die Zahl 13, um die das Eingabezeichen nach links oder rechts im Alphabet verschoben wird.

#### XOR

Ein einfacher, auf Computern besonders effizient einsetzbarer Verschlüsselungs-Algorithmus, ist das bitweise **Exklusiv Oder**, dessen Anwendung ebenfalls umkehrbar ist:

| a | b | $a \oplus b$ |
|---|---|--------------|
| 0 | 0 | 0            |
| 1 | 0 | 1            |
| 0 | 1 | 1            |
| 1 | 1 | 0            |

Folie 12



## Block Cipher (1)

Da die bitweise Anwendung immer in Blöcken mit „sinnvoller Größe“ durchgeführt wird, (ggf. Größe eines Prozessor-Registers), spricht man von einer **Blockchiffre (Block Cipher)**.

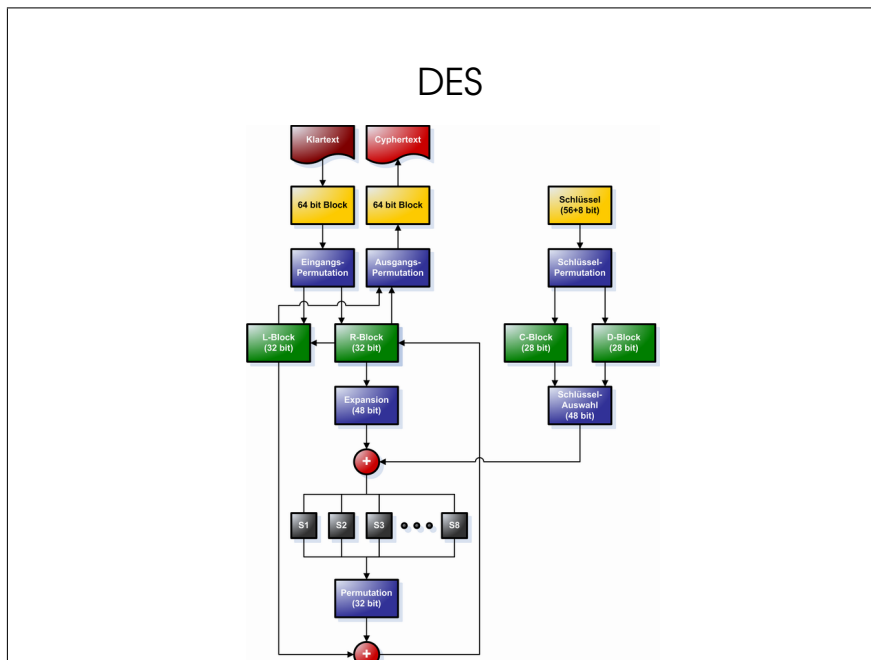
Beispiel (Pseudocode) XOR:

```
u_32  schluessel=0xabcd;
u_32[] data = "Hallo, Welt ...";
for(int i=0; i < sizeof(data) / sizeof(u_32); i++)
    data[i] = data[i] ^ schluessel;
```

Folie 13

Im Gegensatz zum Caesar-Algorithmus ist XOR ein mathematisch beweisbar sicheres Verfahren. Die Schlüssellänge ist entscheidend, um das „Erraten“ des Schlüssels durch Ausprobieren zu erschweren. Für die XOR-Verknüpfung lässt sich der Schlüssel leicht berechnen, wenn der verschlüsselte *und* der unverschlüsselte Datensatz bekannt sind (plain text Attacke).

Das Problem der Zurückrechnung des Schlüssels auf dem verschlüsselten und unverschlüsselten Datensatz kann durch Blockchiffren umgangen werden, die positionsabhängig Daten „durcheinanderwürfeln“, wodurch bei jeder noch so kleinen Änderung am Originaltext ein völlig anderer Ausgabertext entsteht. Eine nur teilweise Dechiffrierung bzw. das Erraten eines Teilschlüssels ist somit schwieriger.



Da DES im Design eine sehr geringe Schlüssellänge besitzt, ist es mit genügend Rechen-Resourcen relativ leicht zu brechen. AES gilt mit 128 oder mehr Bits Schlüssellänge als nach heutigen Standards sicher.

## AES

Der **Advanced Encryption Standard** wurde als DES-Nachfolger in einer lizenzkostenfreien Implementierung von Joan Daemen und Vincent Rijmen erfunden (auch „Rijndael-Algorithmus“ genannt). Er ist heute Standard in den meisten Crypto-Produkten und wird auch bei der Datenübertragung im Internet (https, WPA etc.) eingesetzt.

Folie 15

### 3.2 Asymmetrische Verschlüsselung

#### Problem bei der symm. Verschlüsselung

Während die Verschlüsselung an sich bei modernen Verfahren wie AES als sicher gelten kann, ist die sichere Aufbewahrung und Verteilung der Schlüssel ein großes Problem.

Bei bekannt werden des symmetrischen Schlüssels können alle damit verschlüsselten Dokumente entschlüsselt werden.

Zwei Personen, die verschlüsselt kommunizieren wollen, stehen somit zunächst vor dem Problem, den Schlüssel auf sichere Weise zu erhalten.

Folie 16

## Zwei komplementäre Schlüssel

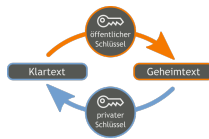
Bei der asymmetrischen Verschlüsselung werden zwei sich gegenseitig ergänzende (komplementäre) Schlüssel generiert. Daten, die mit einem der Schlüssel verschlüsselt werden, können NICHT mit dem gleichen Schlüssel wieder entschlüsselt werden, sondern nur mit dem anderen.

Einer der Schlüssel wird geschützt aufbewahrt (z.B. in einer symmetrisch verschlüsselten Datei) und ist nur dem Besitzer bekannt. ☞ **Secret Key** (mitunter auch als „Private Key“ bezeichnet).

Der andere Schlüssel wird an die Kommunikationspartner verteilt, und muss nicht besonders geschützt werden. ☞ **Public Key** (Öffentlicher Schlüssel).

Folie 17

## Ablauf der sicheren Kommunikation

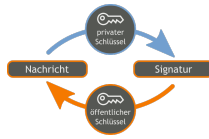


1. Eine Nachricht, die sicher übertragen werden soll, wird mit dem Öffentlichen Schlüssel des beabsichtigten Empfängers (der dem Sender bekannt ist) verschlüsselt.
2. Die verschlüsselte Nachricht wird über einen, möglicherweise „unsicheren“ Kanal (jeder kann sie kopieren) an den Empfänger übertragen. Mit Hilfe des Öffentlichen Schlüssels kann sie jedoch nicht wieder lesbar gemacht werden.
3. Der Empfänger, welcher den passenden Privaten Schlüssel besitzt, kann die Nachricht lesen.

Folie 18

... wandert später ggf. in den Abschnitt „Schutz vor Manipulation“. In Kürze:

## Ablauf der Verifikation von Daten



1. Der Urheber eines digitalen Dokumentes bildet eine Prüfsumme (Hash) über das Dokument.
2. Er verschlüsselt diese Prüfsumme, diesmal aber mit seinem Geheimen Schlüssel, der nur ihm selbst zugänglich ist.
3. Das Dokument wird zusammen mit der verschlüsselten Prüfsumme an die beabsichtigten Empfänger verschickt (unverschlüsselt oder nicht, spielt dabei keine Rolle).
4. Die Empfänger können mit Hilfe des ihnen bekannten Öffentlichen Schlüssels des Dokumenten-Urhebers die Prüfsumme dechiffrieren, und überprüfen, ob sie noch zum Dokument passt. Ist das nicht der Fall, wurde das Dokument manipuliert. Ansonsten ist es authentisch.

Folie 19

## Erzeugung und Benutzung

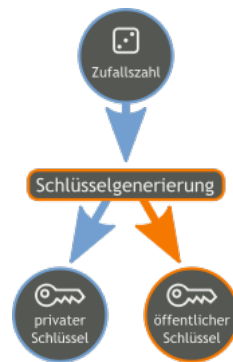
... eines Asymmetrischen Schlüsselpaars: Siehe Skript.

Die Anwendung der Modulo-Operation (Teilungsrest) innerhalb des Algorithmus sorgt dafür, dass bestimmte Schritte nicht umkehrbar sind! Mit z.B. dem Teilungsrest „9“ bei „X Modulo 10“ kann, offensichtlich, nicht die Zahl X berechnet werden. Hierdurch ist es unmöglich, zu einem Öffentlichen Schlüssel den Privaten Schlüssel exakt zu berechnen.

Es gibt, aus dem gleichen Grund, mathematisch gesehen, unendlich viele Private Schlüssel, die genauso komplementär zu einem Öffentlichen Schlüssel sind wie der ursprünglich generierte, allerdings sind sie bei der erforderlichen hohen Schlüssellänge praktisch unmöglich durch „Ausprobieren“ zu finden.

Folie 20

### 3.3 Beispiel: Generierung und Benutzung eines asymmetrischen Schlüsselpaars nach dem RSA-Verfahren



Wir verwenden in diesem Beispiel, damit es noch ohne Computer mit Kopfrechnen funktioniert, sehr kurze Zahlen. In der Praxis können dies Werte mit mehreren hundert Stellen sein.

1. Wähle zwei zufällige (normalerweise sehr, sehr große) Primzahlen  $p$  und  $q$ , wobei  $p \neq q$ ,
2. Berechne das RSA-Modul  $N = p \cdot q$ ,
3. Berechne die Eulersche Funktion  $\varphi(N) = (p - 1) \cdot (q - 1)$ ,
4. Wähle (zufällig) eine zu  $\varphi(N)$  teilerfremde Zahl  $e$  (d.h. es gibt keine gemeinsamen ganzzahligen Teiler), die größer als 1 und kleiner als  $\varphi(N)$  ist, dies ist der sog. **Verschlüsselungsexponent**,
5. Berechne den **Entschlüsselungsexponenten**  $d$  mit der Formel  $e \cdot d + k \cdot \varphi(N) = 1$

Das Schlüsselpaar ist nun  $e$  („encrypt“) und  $d$  („decrypt“), die beide mit dem gleichen RSA-Modul  $N$  verwendet werden.

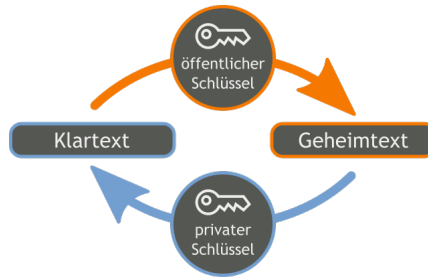
Die im Algorithmus zu Beginn festgelegten, gewählten oder berechneten Werte  $p$ ,  $q$ ,  $k$  werden nicht mehr benötigt.

Ein Beispiel mit konkreten Zahlen:<sup>1</sup>

1. Wähle Primzahlen:  $p = 11$  und  $q = 13$
2. Das RSA-Modul ergibt sich zu  $N = p \cdot q = 143$
3. Eulersche Funktion:  $\varphi(N) = (p - 1)(q - 1) = 120$
4. Wähle  $e$  teilerfremd zu 120:  $e = 23$ . Damit bilden  $e = 23$ ,  $N = 143$  den Öffentlichen Schlüssel.
5.  $e \cdot d + k \cdot \varphi(N) = 1$  hat eine Lösung mit  $k = -9$  und  $d = 47$ , somit ist  $d = 47$  der geheime Entschlüsselungsexponent (Secret Key).

---

<sup>1</sup>s.a. Wikipedia



## Verschlüsselung

Die verschlüsselten Daten  $c$  werden aus dem Originaltext  $m$  mit Hilfe des Verschlüsselungsexponenten  $e$  und des Moduls  $N$  berechnet nach der Formel

$$c = m^e \bmod N$$

also

$$2 = 7^{23} \bmod 143$$

## Entschlüsselung

Der entschlüsselte Text  $m$  ergibt sich mit dem verschlüsselten Text  $c$ , dem geheimen Entschlüsselungsexponenten  $d$  und dem Modul  $N$  nach der Formel

$$m = c^d \bmod N$$

also

$$7 = 2^{47} \bmod 143$$

## Angriffsvektor bei Asymm. Verschlüsselung

Der Öffentliche Schlüssel kann zwar problemlos über ein unsicheres Netzwerk übertragen werden, da man mit ihm die verschlüsselten Daten nicht wieder entschlüsseln kann, jedoch kann ein Angreifer versuchen, mit falscher Identität einen Öffentlichen Schlüssel für jemand anders zu propagieren, zu dem er selbst jedoch den passenden geheimen Schlüssel besitzt.

Lösungsansatz: Schlüssel von einer „vertrauenswürdigen Instanz“ signieren lassen, deren Öffentlicher Schlüssel unwiderlegbar authentisch ist. (Ist das so? ☞ Liste von vertrauenswürdigen Signierern in Firefox)

## SSL-Zertifikat

...ist nichts anderes als eine Datei mit

1. Öffentlicher Schlüssel,
2. weitere Informationen wie Name, Mailadresse, Webseite, Postadresse, Geodaten, ...
3. digital signiert von einer „vertrauenswürdigen Instanz“ (oder, im einfachsten Fall, vom Besitzer selbst mit Hilfe seines NICHT im ARCHIV ENTHALTETEN Privaten Schlüssels).

Eine Veränderung von Daten innerhalb des Zertifikats führt dazu, dass sich ihre Prüfsumme ändert und damit die digitale Signatur hinfällig wird.

Das Zertifikat wird, wie der Öffentliche Schlüssel, an alle Kontakte verteilt.

Zu jedem Zertifikat muss der Eigentümer den Privaten Schlüssel separat gut gesichert aufbewahren.

Folie 22

## Softwaretechnik

- ⇒ openssl (Secure Socket Layer)
  - ⇒ Webserver (https)
  - ⇒ Mail-Server (smtps, pop3s, imaps)
  - ⇒ Mail-Clients (S/MIME)
  - ⇒ Datei- und Archiv-Manager mit Verschlüsselung
  - ⇒ Access Points (WPA, WPA Enterprise)
  - ⇒ div. Server: SAMBA, LDAP, MYSQL, SSH
- ⇒ PGP (Pretty Good Privacy)
  - ⇒ Mail-Programme (PGP-MIME)
  - ⇒ Dateien verschlüsseln

Folie 23

## Best Practice

Der Industriestandard ist [SSL \(Secure Socket Layer\)](#) bzw. [TLS \(Transport Layer Security\)](#) mit [OpenSSL](#) als Open Source Standard Implementierung.

Die OpenSSL Libraries, die in fast allen Krypto-Produkten verwendet werden, werden ständig aktualisiert und fehlerbereinigt. Einige Versionen haben allerdings designbedingte Fehler und werden daher nicht mehr eingesetzt (d.h. z.B. im Webserver abgeschaltet, Verbindungen mit angreifbaren Verschlüsselungsalgorithmen oder Fehlern im Schlüsselaustausch werden abgewiesen).

Aufgrund der Komplexität und der vielfältigen Angriffsszenarien im Kryptobereich gilt es als fahrlässig, eine eigene, proprietäre Verschlüsselung in kritischen Bereichen zu implementieren und einzusetzen!

Folie 24

## Intermezzo: Aus aktuellem Anlass...

Angriff auf WPA2 (WLAN): Was ist dran? Risiken? Was muss man tun?

Tabelle der angenommenen und tatsächlichen Angriffsszenarien!

S.a. separates [Handout zu „WPA2 Krack Attack“](#).

Folie 25



### 3.4 Übungen zu Verschlüsselung und Signatur

#### Übungen zu Verschlüsselung und Signatur

Ziele:

1. Fähigkeit, eine persönliche Public-/Secret Key Infrastruktur einzurichten.
2. Fertigkeit erlernen, auf Datei-Ebene Verschlüsselung und Signatur „Low Level“ durchzuführen.
3. ☛ Übertragung auf Software-Produkte wie Mailprogramm, Office, Browser, Zugangs-Software.

Mittel:

1. PGP (Pretty Good Privacy) bzw. GnuPG (Open Source Version),
2. OpenSSL (Secure Socket Layer Frontend-Programme)

Folie 26

Hinweis: Wenn Sie die Windows-Version der Kommandozeilen-basierten Tools verwenden, müssen Sie unter Windows ggf. die Binärverzeichnisse, in denen die Programme installiert sind (**gpg.exe** und **openssl.exe**) in den Suchpfad aufnehmen, oder in das jeweilige Verzeichnis mit **cd Verzeichnisname** wechseln, damit die Programme gefunden werden.

Üblicherweise werden die Programme jedoch von den graphischen Frontends aufgerufen, und arbeiten im Hintergrund. Wir rufen Sie hier zu Übungszwecken mit den passenden Kommandozeilenparametern auf, um zu lernen, wie sie arbeiten.

Unter Linux und Mac sind die Programme standardmäßig im Suchpfad.

### 3.4.1 GnuPG

## Übungen: GnuPG

Website / Download: <https://www.gnupg.org/>

Aufgaben: Im Vorlesungs-Skript!

Folie 27

Hinweis: Eckige Klammer (...) bedeutet „optionaler Parameter“, spitze Klammer <...> bedeutet „erforderlicher Parameter“. — kennzeichnet eine Alternative (EBNF-Format).

#### Persönliches PGP-Schlüsselpaar erzeugen

```
gpg --gen-key
```

Hier werden als persönliche Daten der Name und die Mailadresse abgefragt.

Achtung: Sollten Sie schon ein PGP-Schlüsselpaar besitzen, sichern Sie die Dateien **secring.gpg** und **pubring.gpg** sicherheitshalber vorher, damit die vorhandenen Schlüssel nicht ersetzt oder überschrieben werden!

#### PGP-Schlüssel auflisten

```
gpg --list-keys [name]
```

Mit dem „Fingerabdruck“ (Prüfsumme) lassen sich telefonisch oder persönlich die öffentlichen Schlüssel verifizieren, d.h. der Eigentümer des geheimen Schlüssel gibt den Fingerprint seines Schlüssels nach einem Beweis seiner Identität (Personalausweis, Reisepass etc.) persönlich bekannt.

```
gpg -v --fingerprint [name]
```

#### Öffentlichen Schlüssel veröffentlichen oder suchen

Es gibt mehrere weltweit zugängliche Datenbanken für PGP-Schlüssel, über die man auch nach dem Schlüssel eines Gesprächspartners suchen kann.

```
gpg --keyserver=x-hkp://pgp.mit.edu -a --search-keys ID|name
```

Einen Public Key hochladen.

```
gpg --keyserver=x-hkp://pgp.mit.edu -a --send-keys ID|name
```

Einen Public Key per ID oder Mailadresse suchen und ggf. in die eigene Datenbank übernehmen.

Der Keyserver und andere Parameter können auch in die Konfigurationsdatei **gnupg.conf** übernommen werden, er muss dann nicht jedesmal angegeben werden.

### Öffentliche Schlüssel exportieren und importieren

Neben der Datenbank-Methode unterstützt GnuPG auch das exportieren und importieren von Dateien zum Austausch öffentlicher Schlüssel.

```
gpg -a -o pubkey.asc --export ID|name
```

Öffentlichen Schlüssel exportieren und in die Datei **pubkey.asc** speichern.

```
gpg -a -o secret_key.asc --export-secret-keys
```

Wenn der geheime Schlüssel von einem zum anderen Gerät transportiert werden soll, ist besondere Vorsicht geboten. Das Kommando exportiert ihn in eine Datei, die nach dem Import sofort wieder gelöscht werden sollte.

```
gpg --import keys.asc
```

Importiert Schlüssel, geheim oder öffentlich, aus der angegebenen Datei in die eigene Schlüsseldatenbank.

### Signieren von Schlüsseln

```
gpg --sign-key ID|name
```

Um die Identität eines Schlüsselinhabers selbst zu bestätigen, kann mit dem eigenen Secret Key eine Unterschrift erzeugt werden. Vorher sollte natürlich der Inhaber zweifelsfrei feststehen (Ausweis) und der Fingerabdruck seines öffentlichen Schlüssels überprüft worden sein.

### Schlüsseldatenbank editieren

```
gpg --edit-keys ID|name
```

Interaktives Verifizieren, Löschen, Signieren etc. von Schlüsseln in der Datenbank, auch Vertrauenslevel ändern.

### Dateien verschlüsseln

```
gpg --encrypt -a -r ID-Empfänger datei
```

Die angegebene Datei verschlüsseln mit dem öffentlichen Schlüssel des beabsichtigten Empfängers. Um eine Datei zu verschlüsseln, die man selbst wieder entschlüsseln können soll, als **ID-Empfänger** unbedingt die eigene ID angeben, für die man den geheimen Schlüssel besitzt! Die Zielformatdatei wird (wg. **-a**) in eine ASCII-codierte Datei namens **datei.asc** gespeichert, die Originaldatei wird also nicht überschrieben.

### Dateien entschlüsseln

```
gpg --decrypt -o datei.neu datei.asc
```

Entschlüsselt **datei.asc** mit Hilfe des geheimen Schlüssels, der zum öffentlichen Schlüssel passt, mit dem sie verschlüsselt wurde. Das Ergebnis wird in **datei.neu** gespeichert.

### Dateien signieren

```
gpg --detach-sign -a datei
```

Erzeugt eine „abgetrennte Signatur“ `datei.asc`, also eine unterschriebene Prüfsumme, der angegebenen Datei, mit Hilfe des eigenen geheimen Schlüssels. Alternativ kann mit `--clearsign` eine Datei erzeugt werden, die sowohl die Originaldatei in ASCII-kodierter Form, als auch die Signatur enthält.

### Datei mit Signatur verifizieren

```
gpg --verify datei.asc [datei]
```

Überprüft die angegebene Datei auf Veränderungen und korrekte (zu einem bestätigten öffentlichen Schlüssel) passende Unterschrift.

## 3.4.2 OpenSSL

# Übungen: OpenSSL

Website: <https://www.openssl.org/>  
Binary Downloads:  
<https://wiki.openssl.org/index.php/Binaries>

Aufgaben: Im Vorlesungs-Skript!

Folie 28

Hinweise:

- ⇨ Eckige Klammer (...) bedeutet „optionaler Parameter“, spitze Klammer <...> bedeutet „erforderlicher Parameter“. — kennzeichnet eine Alternative (EBNF-Format).
- ⇨ Normalerweise wird zunächst ein „Zertifizierungs“-Schlüsselpaar erzeugt, eine sogenannte „Certification Authority“ (aka CA). Hiermit werden dann die persönlichen Zertifikate, Server-Zertifikate oder weitere Zertifizierer signiert. Zur Verifikation benötigen die Clients (Browser, Mailprogramme etc.) dann die Kette der Zertifikate der Signierer. Eine solche Infrastruktur mit separaten Zertifizierungsstellen wird auch als PKI (Public Key Infrastructure) bezeichnet. Rechenzentren, die Schlüssel zentral verwalten, verwenden dies beispielsweise, und besitzen selbst ein Zertifikat, das von einer der Wurzel-Zertifizierungsstellen signiert ist, deren Zertifikat in den meisten SSL-fähigen Software-Produkten integriert ist. Wir verwenden hier der Einfachheit halber in den Übungen, analog PGP, selbstsignierte Zertifikate, die entsprechende Erweiterungen besitzen, um auch für andere Zwecke benutzt zu werden. Ähnlich wie bei PGP müssen diese erst vom Nutzer als „authentisch“ bestätigt bzw. als „Certificate Chain“ importiert werden, bevor sie als „sicher“ gelten und für die Verifikation und Verschlüsselung geeignet sind.

## Persönliches OpenSSL-Schlüsselpaar erzeugen und mit 10 Jahren Gültigkeit signieren (self-signed x509 certificate)

Infos:

☞ X509 Standard

Die ☞ ASN.1 Struktur der Zertifikate erinnert etwas an den Aufbau einer ☞ LDAP-Datenbank.

```
openssl req -new -x509 -nodes -days 3650 -out ssl.crt -keyout ssl.key
```

Die Informationen (Adresse, Name, E-Mail) werden in der Standard-Installation von openssl interaktiv abgefragt. Als ☞ Dateiendungen für das mit Option `-out` erzeugte Zertifikat sind neben dem gezeigten `.crt` auch `.pem` und andere üblich. Der Inhalt der Datei ist ☞ Base64-kodiert, damit wird sie beim versehentlichen Laden und Speichern mit einem Texteditor nicht zerstört, und kann auch über Transportwege mit weniger als 8Bit langen Zeichen zerstörungsfrei übertragen werden.

Das Dateiformat des mit Option `-keyout` erzeugten, privaten Schlüssels ist ebenfalls Base64-kodiert, im Beispiel wird sicherheitshalber eine nicht-standardisierte Endung `.key` verwendet, um den Key nicht versehentlich zu exportieren.

Die Option `-nodes` („No DES Encryption“) sorgt dafür, dass die Datei, in der sich der private Schlüssel befindet, nicht noch symmetrisch verschlüsselt und mit Passwort geschützt wird, was eigentlich sinnvoll wäre, sich aber für die Benutzung mit automatisch startenden Diensten wie Web-Servern nicht gut verträgt.

### X509-Zertifikate im Textformat dekodieren/Anzeigen

```
openssl x509 -text -in ssl.crt
```

Zeigt den Inhalt des Zertifikates mit Prüfsumme und Meta-Informationen in der Konsole an. Die Ausgabe enthält am Ende auch die Base64-kodierte Version.

```
openssl pkcs12 -export -out datei.p12 -inkey ssl.key -in ssl.crt -name "Mein Name"
```

Speichert das Schlüsselpaar in einem ☞ PKCS12-Container mit der Endung `.p12`, der von den meisten Mailprogrammen importiert werden kann. Es wird aus Sicherheitsgründen ein Import-Passwort abgefragt, das später beim Installieren im Mailprogramm wieder verlangt wird. Zusätzlich (und VORHER!) muss ggf. die Datei `ssl.crt` auch noch als „Zertifizierungsstelle“ importiert werden, damit der öffentliche Schlüssel (der eigentlich in unserem Beispiel mit dem „Zertifizierer“ identisch ist) als gültig erkannt wird.

### Webserver OpenSSL-Schlüsselpaar erzeugen und mit 10 Jahren Gültigkeit signieren

Damit ein selbstsigniertes SSL-Zertifikat mit zugehörigem Secret Key von modernen Browsern akzeptiert wird, sind Erweiterungen in der Konfigurationsdatei `openssl.cnf` notwendig! Während früher nur ein einziger FQDN (Fully Qualified Domain Name) als „Common Name“ möglich war, so können jetzt mit der Erweiterung `subjectAltName` mehrere DNS-Einträge für den gleichen Server gesetzt werden.

Im Abschnitt [ `req` ] der Konfigurationsdatei `openssl.cnf` ist die Zeile

```
req.extensions = v3_req
```

zu ergänzen. Im (evtl. neuen!) Abschnitt [ `v3_req` ] werden folgende Zeile eingefügt, und der Abschnitt [ `alt_names` ] eingefügt:

```
[ v3_req ]
basicConstraints = CA:TRUE
subjectAltName = @alt_names

[ alt_names ]
DNS.1 = meinserver.net
DNS.2 = www.meinserver.net
DNS.3 = mail.meinserver.net
DNS.4 = meinserver.shop
DNS.5 = weiterer.name.de
...
```

Nun kann das Kommando zur Generierung des Server-Schlüsselpaars aufgerufen werden, bei dem die Option `-extensions v3_req` anzugeben ist.

```
openssl req -new -x509 -extensions v3_req -nodes -days 3650 -out server.crt -keyout
server.key
```


Die Informationen (Adresse, Name, E-Mail) werden in der Standard-Installation von openssl interaktiv abgefragt. Wichtig: Der „Common Name“ ist nun nicht mehr der Name einer Person, sondern der „Haupt-Name“ des Webservers, der ebenfalls in den Einträgen für das `subjectAltName`-Feld auftauchen sollte.

### Verschlüsseln mit OpenSSL

```
openssl smime -encrypt -in datei -binary -outform DEM -out datei.enc ssl.crt
```

### Entschlüsseln mit OpenSSL

```
openssl smime -decrypt -in datei.enc -binary -inform DEM -inkey ssl.key -out datei
```

Hinweis: Normalerweise werden Daten NICHT direkt asymmetrisch verschlüsselt, da dieses Verfahren algorithmisch sehr aufwändig und ressourcenintensiv ist (Speicher, Rechenzeit). Stattdessen wird ein Symmetrischer Schlüssel für einen wählbaren Block Cipher Algorithmus mit Hilfe eines Zufallswertes (Salt) erzeugt, die Datei wird mit diesem verschlüsselt, und der verwendete symmetrische Schlüssel wird mit dem Public Key des Empfängers verschlüsselt an die verschlüsselte Datei angehängt bzw. in Phase 4 des  Handshake beim [https-Verbindungsaufbau](#) ausgehandelt. Hiermit werden die Vorteile der schnellen symmetrischen Blockchiffren mit denen des sicheren asymmetrischen Schlüssel-Handlings verknüpft.



Aus der Skizze wird auch deutlich, dass **https** (☞ TLS) eine Authentifizierung des Client beim Server über SSL-Zertifikate unterstützt. Hierfür muss der Client einen signierten Public Key präsentieren, deren Signatur vom Server als Authentifizierung akzeptiert wird (dieser kennt entweder den Fingerprint des Client-Zertifikates, oder den der unterschreibenden Certificate Authority, was das Hinzufügen weiterer Client-Zertifikate sehr leicht macht). Dieses Verfahren kann anstelle einer Passwort-Abfrage verwendet werden, der Besucher der Webseite muss dann das entsprechende Client-Zertifikat, das ihm vom Server-Betreiber übermittelt wird, in seinen Browser importieren.

Ähnlich funktioniert die Authentifizierung bei der elektronischen Abgabe der Steuererklärung per **ELSTER**.

### Signieren mit OpenSSL

Hierzu wird der **Private Key** direkt verwendet:

```
openssl dgst -sha256 -sign ssl.key -out datei.sig datei
```

### Signatur prüfen mit OpenSSL

Hierzu (openssl-Eigenart) muss zunächst der **Public Key** aus dem Zertifikat extrahiert werden, da das Modul zur Signaturprüfung dies nicht automatisch macht.

```
openssl x509 -pubkey -out pubkey.pem -in ssl.crt
```

Nun kann mit Hilfe des Public Key die Signatur überprüft werden:

```
openssl dgst -sha256 -verify pubkey.pem -signature datei.sig datei
Verified OK
```

### SSL-Client-Verbindung aufbauen mit OpenSSL

Beispiel Webserver, hier wird das SSL-Protokoll automatisch bei Verbindung auf Port 443 gestartet.

```
openssl s_client -connect www.paypal.com:443
```

Im Falle eines Mailservers handeln Server und Client das SSL-Protokoll über ein spezielles Kommando aus (starttls), ansonsten wird auf dem Port 25 nicht verschlüsselt.

```
openssl s_client [-starttls smtp] -connect knopper.net:25
```

### SSL-Server konstruieren mit OpenSSL

```
openssl s_server -key server.key -cert server.cert -accept 443 -www
```

Das Kommando startet einen Server-Dienst, der das WWW-TLS-Handshake unterstützt, auf dem Port 443 (Standard für https) des eigenen Computers. Es werden die zuvor generierten (`openssl req ...` Public-/Private-Key Paare verwendet. Mit `-www` (kleingeschrieben) wird der https-Handshake bis zum Aufbau der bidirektional verschlüsselten Verbindung durchgeführt, ohne weitere Funktionalität.

Mit der Option `-www` (großgeschrieben statt klein im obigen Beispiel) kann aber auch ein „richtiger“ Webserver simuliert werden, der alle Dateien im aktuellen Verzeichnis per `https` an den Client übertragen kann.

Mit der Option `-msg` werden auf der Serverseite zusätzlich TLS Protokoll-Details als Hexdump ausgegeben.

Da Ports unter 1000 unter Unix privilegiert sind, muss openssl dort ggf. mit vorangestelltem `sudo` gestartet werden, oder ein höherer Port (z.B. 4430) angegeben werden, der dann im Browser entsprechend mit der URL


```
https://localhost:4430
```

kontaktiert wird.

### Weitere gute OpenSSL-Kommandozeilen...

Z.B. <https://www.sslshopper.com/article-most-common-openssl-commands.html>

### 3.4.3 Passwortloses sicheres Login mit SSH-Keys

Die  Secure Shell, welche oft auch als Proxy für Dienste wie *Secure FTP*, *git* oder *svn* verwendet wird, unterstützt parallel zum bekannten Passwort-basierten Login auch die Authentifizierung per *SSH Public Key*. Hierzu muss zunächst wieder ein Public-/Private Key Paar erzeugt werden. Auf der Unix-Kommandozeile:

```
ssh-keygen -t rsa
```

Der erzeugte Private Key kann optional mit einem Passwort verschlüsselt gespeichert werden, um ihn vor Diebstahl zu schützen.

Auf der Seite des SSH-Servers ist der clientseitig generierte Public Key nun in die Datei `authorized_keys`, die sich unter Unix im Verzeichnis `$HOME/.ssh` befindet, einzutragen.

```
ssh user@server-adresse mkdir -p -m 700 .ssh  
cat .ssh/id_rsa.pub | ssh user@server-adresse tee -a .ssh/authorized_keys
```

Beim nächsten Aufruf von

```
ssh user@server-adresse
```






sollte nun nicht mehr das Unix-Passwort des Benutzers auf dem Zielrechner abgefragt werden, sondern allenfalls das Passwort, mit dem der Private Key auf dem Client-System verschlüsselt wurde.

#### 3.4.4 Fazit

### Fazit PGP und OpenSSL

Zwei Verfahren für die gleiche Funktionalität?

Obwohl PGP historisch gesehen die „ältere“ Software ist, hat sich SSL v.a. bei kommerziellen Produkten durchgesetzt. Dies mag auch mit der Tatsache zu tun haben, dass „Secure Socket Layer“ sich speziell für Web-Anwendungen und auch Streaming von Inhalten durchgesetzt hat, und das x509-Format für die Zertifikate auch nützliche und erweiterbare Meta-Informationen enthält, die in PGP Public Keys nicht vorgesehen waren. Mit  S/MIME existiert ein auf SSL basierender Standard für Mail-Attachments, während  PGP/MIME nicht standardisiert ist (obwohl bei vielen Mailern als Plugin implementiert).

Die im  PKCS#12 Format gespeicherten SSL Public/Private-Keypaare lassen sich in den meisten Mailprogrammen und Browsern unter „Zertifikat-Verwaltung“ importieren (mit Passworтеingabe), ebenso wie die Zertifikate (ohne Passwort).

Speziell für die Verschlüsselung und Signatur von E-Mail sind PGP und S/MIME noch beinahe paritätisch vertreten, und viele Programme unterstützen, ggf. über Plugins, beide Methoden.

Folie 29

### 3.5 Datenträger-Verschlüsselung

#### „Festplatten“-Verschlüsselung

... soll v.a. sensitive Daten bei Diebstahl des Gerätes bzw. Datenspeichers (Smartphone mit privaten/Firmen-Daten, Notebook, auch PCs) vor Ausspähen schützen (Thema Vertraulichkeit).

- ⇒ Datei-, Partitions- oder Datenträger-weise Verschlüsselung,
- ⇒ i.d.R. symmetrische Blockcipher,
- ⇒ der Schlüssel kann ein Passwort sein (Länge vs. Komfort, Sicherheit vs. Merkbarkeit), oder ein Binärschlüssel mit Zufallsanteil bei der Generierung, der selbst wieder durch ein Passwort geschützt in einem separaten Datenbereich gespeichert wird,
- ⇒ verschiedene Software verfügbar, teils plattformneutral, teils OS-spezifisch.

Folie 30

## Beispiel „Android“-Verschlüsselung (1)

- ⇒ „Full Disk Encryption“ gehört seit Android 5 zur (optional in den Einstellungen unter „Sicherheit“ aktivierbaren) Standard-Ausstattung,
- ⇒ bedeutet: „die **/data**-Partition wird verschlüsselt“,
- ⇒ symmetrische, AES-basierte Blockverschlüsselung mit 128Bit,
- ⇒ der „Device Encryption Key“ (DEK) wird in einem separaten Bereich auf dem Gerät mit einer PIN oder Passwort verschlüsselt gespeichert („KeyMaster“),
- ⇒ bei „Hardware Encryption“ übernimmt ein Teil des Chipsatzes („TrustZone“, von der der KeyMaster ein Teil ist) die Ver- und Entschlüsselungsalgorithmen quasi als „Blackbox“, von außen über eine API von signierten Applikationen gesteuert,
- ⇒ Angriffspunkt: Vom Hersteller signierte Apps können die „Trust-Zone“ zum Auslesen des DEK, Ver- und Entschlüsseln von Daten bewegen. Bei einigen Chipsätzen ist diese Schnittstelle **unzureichend geschützt**.

Da der verschlüsselte DEK bei Hardware-unterstützter Verschlüsselung an das Gerät gebunden ist, ist eine „Offline Decryption“ erst möglich, wenn der Key unverschlüsselt vorliegt. Bei Zerstörung des DEK sind die Daten nur noch per „Brute Force“, also erraten des sehr langen symmetrischen Schlüssels, dechiffrierbar, was äußerst unwahrscheinlich ist. Eine mit Hardware-Unterstützung verschlüsselte SD-Karte ist so nicht mehr entschlüsselbar, wenn das Gerät, auf dem sie erzeugt wurde, defekt ist.

## Beispiel „Android“-Verschlüsselung (2)

- ⇒ Mit dem Android Debugger (ADB) können die Daten vom dem Gerät über USB-Kabel oder Netzwerk gesichert werden, so lange die verschlüsselte(n) Partition(en) entsperrt sind. Das Backup sollte natürlich auch wieder durch eine geeignete Maßnahme (z.B. **pgp** oder AES) geschützt werden.
- ⇒ Im ausgeschalteten Zustand oder bei Sperre des Gerätes muss der DEK erst wieder durch Entschlüsseln aktiviert werden.
- ⇒ Ein „Umverschlüsseln“ oder eine komplette Entschlüsselung mit Zurückspeichern wird softwareseitig bislang nicht unterstützt. Es ist aber relativ leicht, die PIN oder das Passwort, mit der/dem der DEK selbst verschlüsselt wird, auszutauschen (unter Kenntnis der alten PIN).

Folie 32

## Beispiel „Festplatten“-Verschlüsselung (1)

Übersicht:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenverschlüsselung>




Produkte (OS-spezifisch):

- ⇒ Windows:  EFS,  BitLocker,
- ⇒ Mac:  FileVault
- ⇒ Linux: dm-crypt (auch die bei Android verwendete Variante, das **/data-Block Device** (Flash-Partition) transparent zu ver-/entschlüsseln)

Folie 33

## Beispiel „Festplatten“-Verschlüsselung (2)

Produkte (Multi-/Cross-plattform):

- ⇒ Container-Formate mit Verschlüsselungs-Unterstützung, z.B.  7Zip,
- ⇒  CrossCrypt: Zugriff auf verschlüsselte Linux Loop-AES-Partitionen unter Windows,
- ⇒ VeraCrypt (Nachfolger von  TrueCrypt)
- ⇒ Weitere, teils proprietäre Produkte:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Festplattenverschl%C3%BCsslung#Software>

Folie 34

## Beispiel „Festplatten“-Verschlüsselung (3)

In Ländern, in denen Kryptographie verboten ist und um - falschen oder berechtigten - Verdächtigungen zu entkommen, ist bei Verschlüsselungsmechanismen der Begriff der „**plausible deniability**„ (Glaubhafte Abstreitbarkeit ein Sicherheits- und Qualitätskriterium. Dies bedeutet in Bezug auf die Festplattenverschlüsselung, dass ohne Kenntnis des Schlüssels nicht bewiesen werden kann, ob und welche Daten auf einer verschlüsselten Partition vorhanden sind, und nicht einmal, ob überhaupt verschlüsselt wurde. Der Besitzer kann also „glaubhaft bestreiten“, im Besitz sensibler Daten zu sein, was bei entsprechend geeigneten Mechanismen auch nicht widerlegt werden kann.

Folie 35

Bei dem unter Linux gebräuchlichen **dm-crypt**-Mechanismus ist keine „Kennung“ auf der Partition sichtbar, die nahelegt, es könnten sich verschlüsselte Daten darauf befinden. Mit einem Hex-Editor betrachtet, sieht eine solche Partition bzw. Container scheinbar wie eine Ansammlung völlig zufälliger, ungeordneter Daten aus.

Ein Beispiel unter Linux:

```
# Anlegen eines 1GB großen Containers mit Zufallsdaten
dd if=/dev/urandom of=crypt.img bs=1M count=1000

# Mapping herstellen, Passwort-Hash als Schlüssel
# für aes-cbc-essiv:sha256 block cipher
sudo cryptsetup open crypt.img geheim --type plain
Passphrase eingeben:
```

Das EINMALIG (!) eingegebene Passwort bildet (mit sha256 gehasht) den symmetrischen Schlüssel für die AES-Blockchiffrierung. Im Verzeichnis **/dev/mapper** entsteht ein neues Block-Device mit dem Namen **geheim**, das die „entschlüsselte“ Version der Daten enthält.

```
# Formatieren mit FAT (als Beispiel)
sudo mkdosfs /dev/mapper/geheim

# Mounten
sudo mkdir -p /geheim
sudo mount -o umask=000 /dev/mapper/geheim /geheim
```

Im Ordner **/geheim** können nun unverschlüsselt Dateien geschrieben und gelesen werden, die verschlüsselt im Container **crypt.img** landen.

Mit dem Hex-Editor kann im gemounteten Zustand der Inhalt des FAT32-Dateisystems im Klartext angezeigt werden:

```

00000000 EB 58 90 6D 6B 66 73 2E 66 61 74 00 02 08 20 00 02 00 00 00 .X.mkfs.fat... ..
00000014 00 F8 00 00 3F 00 FF 00 00 00 00 00 00 40 1F 00 CD 07 00 00 ....?.....@.....
00000028 00 00 00 00 02 00 00 00 01 00 06 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0000003C 00 00 00 00 80 01 29 08 89 2B BC 4E 4F 20 4E 41 4D 45 20 20 .....)+.NO NAME
00000050 20 20 46 41 54 33 32 20 20 20 0E 1F BE 77 7C AC 22 C0 74 0B FAT32 ...w|".t.
00000064 56 B4 0E BB 07 00 CD 10 5E EB F0 32 E4 CD 16 CD 19 EB FE 54 V.....^..2.....T
00000078 68 69 73 20 69 73 20 6E 6F 74 20 61 20 62 6F 6F 74 61 62 6C his is not a bootabl
0000008C 65 20 64 69 73 6B 2E 20 20 50 6C 65 61 73 65 20 69 6E 73 65 e disk. Please inse
000000A0 72 74 20 61 20 62 6F 6F 74 61 62 6C 65 20 66 6C 6F 70 70 79 rt a bootable floppy
000000B4 20 61 6E 64 0D 0A 70 72 65 73 73 20 61 6E 79 20 6B 65 79 20 and..press any key
000000C8 74 6F 20 74 72 79 20 61 67 61 69 6E 20 2E 2E 2E 20 0D 0A 00 to try again ... ..

```

... während im verschlüsselten Container weiterhin nur „Zufallsdaten“ sichtbar sind:

```

00000000 54 EF C4 20 B6 1D C9 9A 64 61 8D A9 7D 6A 4C D8 6D 1E 9E 03 T.. ....da..}jL.m...
00000014 5C 24 80 05 D8 B0 81 F1 77 69 83 65 94 FF D3 44 89 97 4A 6F \$.....wi.e...D..Jo
00000028 4A 29 76 FC F2 C3 9E E0 73 2E 17 66 09 6C 20 83 11 1E E8 0A J)v.....s..f.l ....
0000003C 9E 81 FA B8 50 71 7D E0 8D 7F 40 3E 0B 93 93 FB BC 28 DD 7C ....Pq}...@}.... (|
00000050 8A D0 98 3C B3 05 94 42 9C 95 58 53 4A BF 26 F5 6A E8 C7 F4 ...<...B..XSJ.&.j...
00000064 CA 23 BF 14 96 6E 48 F3 B8 8C A1 30 9E 7A 2F 74 83 83 EC ED #...nH....0.z/t...
00000078 89 4A 32 25 B1 D8 CF FC E0 2D 36 ED 77 46 E7 4F 21 5F ED B6 .J2%.....-6.wF.O!...
0000008C 23 33 6B 9E 56 5C F1 A7 44 2D 41 1D 94 06 E1 A7 A6 43 C6 51 #3k.V\...D-A.....C.Q
000000A0 C1 5C 12 EF 51 D4 D4 C5 7A 0A 71 E3 3C 3C 39 12 5C 73 22 E0 .\..Q...z.q.<<9.\s".
000000B4 CE 57 FC F6 72 A7 6E 08 7B F8 E6 7C F2 44 7F B4 B6 B2 5E E6 .W...r.n.{...|D.....^
000000C8 C2 3C 0D D2 DC F1 B5 28 22 65 FA B6 55 B0 70 E0 EE 8D 6C B7 .<.....("e...U.p...l.

```

Nach Beenden der transparenten Ver-/Entschlüsselung im Verzeichnis `/geheim`

```

sudo umount /geheim
sudo cryptsetup close geheim

```





sind die Daten im verschlüsselten Container sicher und lassen sich ohne Kenntnis des Passwortes auch nicht entschlüsseln.

Um den Container wieder „aufzuschließen“, müssen die o.g. Kommandos (bis auf das Formatieren natürlich!) wiederholt werden.


**cryptsetup** unterstützt mit der Option `--type tcrypt` beim Öffnen übrigens auch das Verarbeiten von **TrueCrypt**- und **VeraCrypt**-Containern. Allerdings ist ein vorhandener Header im Container Voraussetzung. Das Anlegen neuer True- oder VeraCrypt-Container ist mit dm-crypt alleine nicht möglich.

Bestimmte andere Formate wie  LUKS (Linux Unified Key Setup), die mit einer Kennung dem Betriebssystem die Verschlüsselung einer Partition signalisieren und so ein „halbautomatisches“ Einbinden ermöglichen, erfüllen das Kriterium der *Glaubhaften Abstreitbarkeit* grundsätzlich nicht.

Weitere Systeme, die (entsprechende Vorkehrungen vorausgesetzt) das „Glaubhafte Abstreitbarkeit“ Kriterium erfüllen, sind u.a.

-  Tor (The Onion Router),  Freenet,
- Dateiverschlüsselungssoftware  FreeOTFE,  VeraCrypt

## Angriffspunkte „Festplatten“-Verschlüsselung

| Angriff   | Verteidigung  |
|---|---|
| Ausspähen des symmetrischen Schlüssels                            | Nur „im Kopf“ speichern oder Schlüssel sicher verwahren (z.B. verschlüsselter Container  keepassX) |
| Erraten durch „Brute Force“ (Ausprobieren)                        | Hohe Schlüssellängen, keine einfachen Passwörter mit „Wörterbücher“-Anteilen, keine „gelben Zettel“ am Monitor aufkleben.   |
| Abgreifen der Daten vor Verschlüsselung bzw. nach Entschlüsselung | Vermeiden von längerfristigen unverschlüsselten „Zwischenspeichern“, möglichst direkt verschlüsselt speichern und erst beim Lesen entschlüsseln                                     |

Folie 36

Ein beliebtes Hilfsmittel von Angreifern ist der Einbau von System-Programmen, die sich zwischen die Verschlüsselungsroutine und die Datenträger setzen, und die die unverschlüsselten Daten abgreifen und übertragen. Solche Programme sind oft auch in Trojanern enthalten, die auch durch Geheimdienste und in der Strafverfolgung eingesetzt werden, um Verdächtige zu überwachen. Zur Installation ist mitunter die Hilfe des unbedachten Anwenders vonnöten, der durch entsprechende Meldungen im Browser veranlasst wird, ein vermeintliches „Sicherheits-Update“ herunterzuladen und als Administrator zu installieren.

Umgekehrt (Vorgriff auf das Thema „Verfügbarkeit“) können Trojaner von starker Festplattenverschlüsselung Gebrauch machen, um die Anwender-Daten mit einem eigenen, dem Benutzer unbekanntem, Schlüssel zu verschlüsseln, und diesen Schlüssel erst nach Zahlung eines „Lösegelds“ dem Benutzer bekannt zu machen. Dabei ist es allerdings höchst unwahrscheinlich, dass der Anwender nach Zahlung tatsächlich wieder Zugriff auf die Daten erhält, da dies dem Angreifer keine nennenswerten Vorteile bringt, sondern ihn eher der Gefahr aussetzt, durch den Übermittlungskanal für den Schlüssel entdeckt zu werden. Dieser Attacke kann leicht begegnet werden durch häufige Datensicherungen auf einen (mit bekanntem Schlüssel verschlüsselten) externen Datenträger, allerdings mit dem Zustand VOR der Attacke.

## Datei- vs. Geräteverschlüsselung

Bei dateiweiser Verschlüsselung kann für jeden Ordner oder jede Datei ein separater Schlüssel verwendet werden. Problem: Wie und wo werden diese Schlüssel gespeichert? Angriffspunkte: „Klartext-Attacke“, durch Dateinamen und andere Metadaten wie Größe und Position im Dateisystembaum kann auf den Inhalt einer Datei geschlossen werden, was „Brute Force“-Attacken erleichtert. Zum Zugriff auf eine Datei wird bei einigen Algorithmen oft eine unverschlüsselte Version der Datei im Speicher oder temporären Bereichen der Festplatte gehalten, um den Aufwand für die transparente Dechiffrierung gering zu halten, dort wären die Daten auslesbar.

Bei Geräteweiser (=Datenträger bzw. Partition oder Container-Image) Verschlüsselung wird der gesamte verschlüsselte Datenbereich blockweise verschlüsselt, und muss „als Ganzes“ aufgeschlüsselt werden. Es wird immer der gerade gelesene Block dechiffriert, und nur so viel unverschlüsselt im Speicher gehalten, wie von der Anwendung benötigt wird. Die Komplexität der Algorithmen ist geringer als bei der dateiweisen Verschlüsselung. Allerdings sind bei Verlust des Schlüssels weder die Dateisystem-Struktur, noch die Dateien selbst wiederherstellbar. Nicht einmal die Existenz oder Löschung von Dateien kann noch festgestellt werden.

Folie 37

### 3.6 Löschen von Daten

#### Löschen von Daten?

Problem:

- ⇒ System calls wie `unlink(char *filename)`... entfernen nur Einträge aus dem Inhaltsverzeichnis des Dateisystems. Gleiches gilt für „formatieren“.
- ⇒ Datensegmente einer Datei bleiben i.d.R. erhalten (ggf. über den Datenträger „verstreut“,
- ⇒ Auch ältere Versionen der Dateien bleiben erhalten,
- ⇒ „Überschreiben“ wird vom Betriebssystem meist so gehandhabt, dass eine NEUE Datei angelegt wird, und die alte lediglich als „gelöscht“ markiert wird (d.h. der Platz ist wieder nutzbar, sobald notwendig).

Lösungsansatz?

Folie 38

## Sicheres Löschen von Daten

- ⇒ Dateisysteme, die ein „in-place“ überschreiben der physikalischen Sektoren unterstützen,
- ⇒ Datei erst „normal“ löschen, dann den „freien Platz“ des Datenträgers komplett überschreiben (durch eine riesige Datei),
- ⇒ Datenträger von vornherein verschlüsseln, und den symmetrischen Schlüssel verwerfen, wenn der Datenträger außer Betrieb genommen wird (Achtung: Brute Force offline-Entschlüsselung ggf. eine Angriffsmöglichkeit)

Folie 39



### 3.7 Datenrettung und Forensik

(Tools ergänzt, zum Nachvollziehen der Experimente aus der Vorlesung).

#### Forensik (1)

= gelöschte oder versteckte Daten (teilweise) wiederherstellen.


Bei versehentlicher Datenlöschung, Korruption des Dateisystems durch Schadsoftware oder Hardwarefehlern, die ein „normales“ Lesen der Dateien verhindern, kommt spezialisierte Software zum Einsatz. Auch Forensiker, die Daten von hastig formatierten Datenträgern im Auftrag der Strafverfolgung wiederherstellen oder Ursachenforschung betreiben, setzen diese Tools unter Linux oder Windows gerne ein:

- ⇒  **testdisk**: Wiederherstellung von Partitionstabellen und „gelöschter“ Dateien,
- ⇒  **photorec** (vom gleichen Entwickler): Teilweise oder komplette Wiederherstellung von Dateien (Data Carving) auch dann, wenn die Dateisystemstruktur nicht mehr zu retten ist, durch Suche nach Dateisignaturen. Hierdurch sind i.d.R. nur die Inhalte der Dateien unter neuem Namen zu retten, nicht die ursprünglichen Dateinamen, die im Dateisystem-Inhaltsverzeichnis vermerkt waren,

Folie 40



## Forensik (2)

- ⇒  **ddrescue** (Linux only): 1:1 Kopie eines Datenträgers in eine Image-Datei anfertigen, dabei Ersetzen von physischen Lese-  
fehlern (zerstörte Sektoren) durch Nullen, um die Position der  
Daten zu erhalten für anschließende Datenrettung aus der Ko-  
pie.

Folie 41

## 4 Sicherheit im Netzwerk

### Sicherheit im Netzwerk

Angriff auf den Datentransport und Verteidigungsmechanismen.

- ⇒ Wiederholung Grundlagen ISO/OSI-Modell und TCP/IP (V4 und V6), Intra- und Internet, mit Fokus auf Schwachstellen,
- ⇒ Netzwerk-Architektur und Netzwerktopologie unter Sicherheits-Aspekten,
- ⇒ beispielhafte Maßnahmen wie Firewall (iptables), VLAN, 802.1x, ipsec, ...

Folie 42

## 4.1 Grundlagen TCP/IP unter Berücksichtigung von Angriffspunkten

### ISO/OSI

☞ Das 7-Schichten Modell beim Datentransport über Netzwerke  
NB: Auf den ☞ OSI-Layer 8 wird speziell bei Sicherheitsthemen auch oft eingegangen, man könnte dies als Zusammenfassung der „nicht-technischen Problemstellungen“ im Modell interpretieren. ; -)

Folie 43

### TCP/IP

☞ TCP/IP

⇒ Entspricht nur teilweise dem ISO/OSI-Modell,

Folie 44

## TCP/IP Adressnotation

☞ s.a. Wikipedia-Artikel über das IP-Adressschema

Adressen (IPV4): Vier 8 Bit Dezimal-Zahlen, durch Punkte getrennt, z.B. **10 . 20 . 30 . 40**.

⇒ 4 Milliarden ( $4 \cdot 10^9$ ) IP-Adressen

Adressen (IPV6): Acht 16 Bit Hexadezimal-Zahlen, durch Doppelpunkte getrennt, z.B. **2001 : 0db8 : 85a3 : 08d3 : 1319 : 8a2e : 0370 : 7344**

⇒ 340 Sextillionen ( $340 \cdot 10^{36}$ ) IP-Adressen

Obwohl die IPV4-Adressen inzwischen komplett aufgebraucht sind (Providern und Organisationen zugewiesen), und alle modernen Betriebssysteme auch das IPV6-Protokoll beherrschen, sind sie immer noch die am häufigsten (wieder-)verwendeten.

Folie 45

## Netzwerkmaske

Durch die Netzwerk (Bit-)maske wird angegeben, welcher Teil einer IP-Adresse für alle Computer im gleichen Netzwerk verwendet wird, die sich direkt erreichen können. Die anderen Bits werden zur Adressierung der einzelnen Rechner im Netzwerk verwendet.

Beispiel: Netzwerkadresse **10.20.30.0** mit Netzmaske **255.255.255.0** erlaubt 255 Computer im gleichen Netz,  
Netzwerkadresse **10.20.0.0** mit Netzmaske **255.255.0.0** erlaubt  $255 \cdot 255 = 65025$  Computer im gleichen Netz.

Folie 46

## Wer vergibt die IP-Adressen?

1. Technisch: ein DHCP-Server (Router, Gateway, s. [33])
2. Organisatorisch/Technisch: Der Netzwerk/Internet-Provider
3. Organisatorisch: IANA (Internet Assigned Numbers Authority)

Lokal dürfen auch einige „private“ IPv4-Adressen vergeben werden, die nicht direkt im Internet weitergeleitet werden, z.B. 10.\*.\*.\*, 192.168.\*.\*.

Folie 47

## Router (1)

Um Daten über das eigene Netzwerk hinaus zu verschicken, ist ein Computer mit mindestens zwei Netzwerkkarten erforderlich, je eine pro Netzwerk, der die Datenpakete anderer Computer zwischen diesen Netzen weiterleitet Router.

Bei einem Router, der einen Transfer der Datenpakete in ein anderes Protokoll oder in größere Netzwerkstrukturen durchführt, spricht man von einem Gateway.

Das Default Gateway wird auf Computern, die netzwerkübergreifend andere Computer (z.B. via Internet) erreichen sollen, für die (IPv4-) Zieladresse 0.0.0.0 eine Adresse im lokalen Netzwerk definiert, die für alle Weiterleitungen zuständig ist. Dies kann z.B. ein DSL-Router, Accesspoint, oder bei Tethering auch ein Smartphone sein, das seine Internetverbindung „teilt“.

Seine zentrale Funktion und die Weiterleitung vieler Datenpakete macht das Default Gateway zu einem beliebten Angriffspunkt.

Folie 48

## Router (2)

Unter Unix (Linux, MacOS, ...) kann die aktuelle Routing-Tabelle mit dem Kommando **route** ausgegeben werden:

```
$ route -n
Kernel-IP-Routentabelle
Ziel      Router      Genmask      Flags Metric Ref  Use Iface
0.0.0.0   172.16.0.1  0.0.0.0      UG    600   0    0 wlan0
10.3.0.0   10.104.0.1  255.255.255.0 UG    0     0    0 tun0
10.4.0.0   10.104.0.1  255.255.255.0 UG    0     0    0 tun0
10.5.0.0   10.104.0.1  255.255.255.0 UG    0     0    0 tun0
172.16.0.0 0.0.0.0     255.255.0.0  U     600   0    0 wlan0
```

Unter Windows erfüllt das Kommando **route print** den gleichen Zweck.

Folie 49

## Traceroute

Mit dem Programm **traceroute** (Unix) bzw. **tracert** (Windows) kann der Weg, den Datenpakete vom eigenen Rechner zum Ziel nehmen, zurückverfolgt werden:

```
$ traceroute www.google.de
traceroute to www.google.de (172.217.20.227), 30 hops max, 60 byte packets
 1 gateway (172.16.0.1) 10.395 ms 10.376 ms 10.338 ms
 2 10.255.255.1 (10.255.255.1) 110.696 ms 110.637 ms 110.653 ms
 3 192.168.64.2 (192.168.64.2) 110.674 ms 110.674 ms 110.668 ms
 4 bbl-euraix.relaix.net (46.183.103.1) 110.656 ms 111.237 ms 114.156 ms
 5 87.128.239.241 (87.128.239.241) 110.581 ms 148.040 ms 171.765 ms
 7 80.150.170.70 (80.150.170.70) 296.608 ms 135.352 ms 135.306 ms
 8 * * *
...
15 108.170.227.199 (108.170.227.199) 140.599 ms 108.170.227.189
   (108.170.227.189) 136.297 ms 108.170.227.199 (108.170.227.199)
   136.247 ms
16 muc11s11-in-f3.1e100.net (172.217.20.227) 135.732 ms 131.655 ms
   130.769 ms
```

Jede der 15 „Zwischenstationen“ in diesem Beispiel hat prinzipiell die Möglichkeit, den Datenstrom vor dem Weitertransport zu lesen oder zu manipulieren!

Folie 50

## Nameserver (Domain Name System, DNS)

Der oder die Nameserver, die den Netzwerkteilnehmern bekannt sein müssen (z.B. in der Konfigurationsdatei `/etc/resolv.conf` unter Unix), können Computernamen und Internet-Domains wie **knopper.net** oder **www.google.de** die entsprechenden IP-Adressen zuordnen, ohne die keine Kontaktaufnahme zu diesen Rechnern möglich ist.

Einige der global nutzbaren Nameserver sind aufgrund ihrer einfach zu merkenden IP-Adressen regelrecht „berühmt“: **8.8.8.8** und **9.9.9.9**.

Aus Performance-Gründen wird auf den Internet-Gateways, auch auf dem heimischen Accesspoint, oft ein „Caching Nameserver“ betrieben, der die Auflösung häufig verwendeter Namen von Websites etc. stark beschleunigt.

Folie 51

## Nameserver (Domain Name System, DNS)

Angriffsvektor: Wer den Nameserver kontrolliert oder manipuliert, kann z.B. Webseiten-Anfragen auf eigene Adressen „umleiten“, ohne dass dies in der Adressleiste des Browsers sichtbar ist!

Abhilfe: Protokolle wie **https** (Statt **http**) unterstützen durch SSL-Zertifikate nicht nur Verschlüsselung, sondern auch Signatur der Antworten auf Anfragen. Hierdurch kann der Browser mit Hilfe der eingebauten Signierer-Zertifikate erkennen, ob die Webseite authentisch ist, oder auf eine falsche Adresse umgeleitet wurde, die den richtigen privaten Schlüssel nicht kennt.

Folie 52

## 5 Kenngrößen beim Datentransport

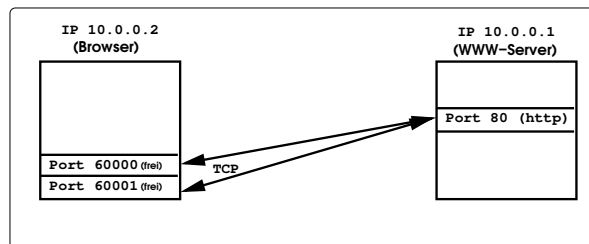
Jede Verbindung im Internet hat 5 **eindeutige** Parameter: **IP-Adresse Quelle**, **Port Quelle**, **IP-Adresse Ziel**, **Port Ziel** und das Transportprotokoll, entweder **TCP** (Transmission Control Protocol, mit Erkennung des Aufbaus und Abbruchs/Ende) oder **UDP** (User Datagram Protocol, ein „verbindungsloses“ Protokoll, das weder die Reihenfolge, noch überhaupt den Empfang von Datenpaketen garantiert, aber dafür wenig Overhead besitzt und für die Übertragung von Live-Streams, bei denen es nicht auf jeden Frame ankommt, optimiert ist).

**Eindeutigkeit: Es kann zum gleichen Zeitpunkt nie mehrere Datenpakete mit den exakt gleichen 5 Kenngrößen im Internet geben, dies führt zum Verwerfen des „doppelten“ Pakets (und ggf. Neuversand zu einem späteren Zeitpunkt)!**

Folie 53

## 5 Kenngrößen beim Datentransport

Beispiel:



Folie 54

## Ports, Dienste und Clients

Ein Server-Dienst (hat immer die gleiche Portnummer, z.B. 80 für `http/www`, 443 für die verschlüsselte Variante `https`) kann mehrere Clients bedienen (die folglich unterschiedliche Quelle-Portnummer und/oder Quelle-Adressen besitzen), und ein Client kann mehrere Verbindungen aufbauen, die jeweils unterschiedliche Quell-Ports, aber den gleichen Zielport besitzen.

Folie 55

Man kann auch vom gleichen Quell-Port aus viele gleichzeitige Verbindungen zu unterschiedlichen Zielrechnern und/oder Zielports aufbauen, was für den Aufbau einer portbasierten Firewall (38) sinnvoll sein kann. Mehrere gleichzeitige Verbindungen mit gleichem Ziel- aber unterschiedlichen Quell-ports werden v.a. von Web-Browsern zur Beschleunigung des Seitenaufbaus genutzt.

## Netzwerke / Netzdienste erkennen (Scanning)

Beispiel Linux / Mac:

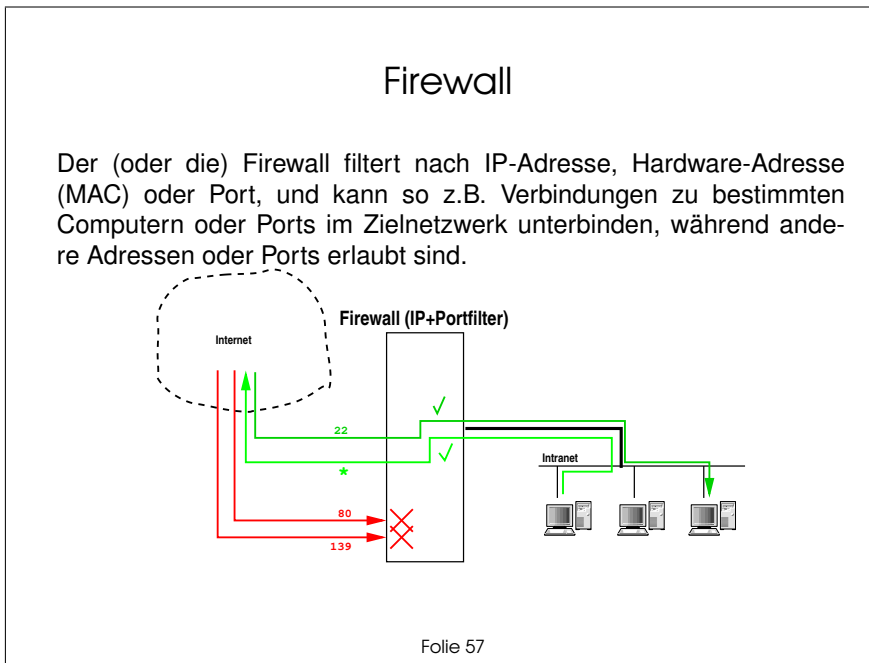
- ↳ Lokal/Server: `netstat -tulpen`
- ↳ Remote: `nmap -P0 -O -sT [-sU] ip-adresse(n) _opfer/netzmaske`

Folie 56

NB: `-P0` bei `nmap` verhindert, dass ein ICMP Ping Request versandt wird, hiermit werden auch Adressen gescannt, die „nicht pingbar“ sind. `-sU` würde auch UDP-Ports scannen, was SEHR lange dauern kann. Mit `-rtt_[max,initial]_timeout sekunden...` kann länger auf Antwort gewartet werden, wenn ein Firewall oder Gateway aus Sicherheitsgründen eine „Verzögerung“ eingebaut hat.



## 4.2 Firewall



Die Möglichkeit, IP-Pakete nach Adressen oder Ports zu filtern, ist bei vielen Betriebssystemen im TCP/IP-Stack eingebaut. Bei Linux-basierten Routern und Accesspoints wird als Frontend für die Verwaltung der Filter-Tabellen das Programm `iptables` verwendet, das mit einer umfangreichen Syntax auch „intelligente“ Filter ermöglicht, die nach der Richtung des Verbindungsaufbaus oder bestimmten Sequenzen von Port- und Adressanfragen Entscheidungen treffen kann.

Beispiele:

```
# Über Netzwerkkarte eth0 hereinkommende
# Weiterleitungen zu Port 80 zurückweisen
iptables -i eth0 -I FORWARD -p tcp --dport 80 -j REJECT

# Anfragen auf Port 139 (Windows Service Port)
# ohne Rückmeldung "verschlucken" -> Kill Portscanners
iptables -I INPUT -p tcp --dport 139 -j DROP

# SSH-VPN Zugang auf Office-PC erlauben
iptables -I FORWARD -p tcp -d 10.0.0.200 --dport 22 -j ACCEPT
```

## Forwarding

Ein **Router** soll IP-Pakete weiterleiten, also nicht selber in Empfang nehmen und beantworten. Das Weiterleiten wird als FORWARDING bezeichnet, und unter UNIX mit einer entsprechenden Option auf dem virtuellen Netzwerk-Gerät oder global freigeschaltet.

```
echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
# Für alle:
iptables -P FORWARD ACCEPT
# Für eine bestimmte Netzwerkkarte:
iptables -I FORWARD -o wlan0 -j ACCEPT
```

Folie 58

### 4.3 Network Address Translation und Masquerading

#### Masquerading („Maskieren“)

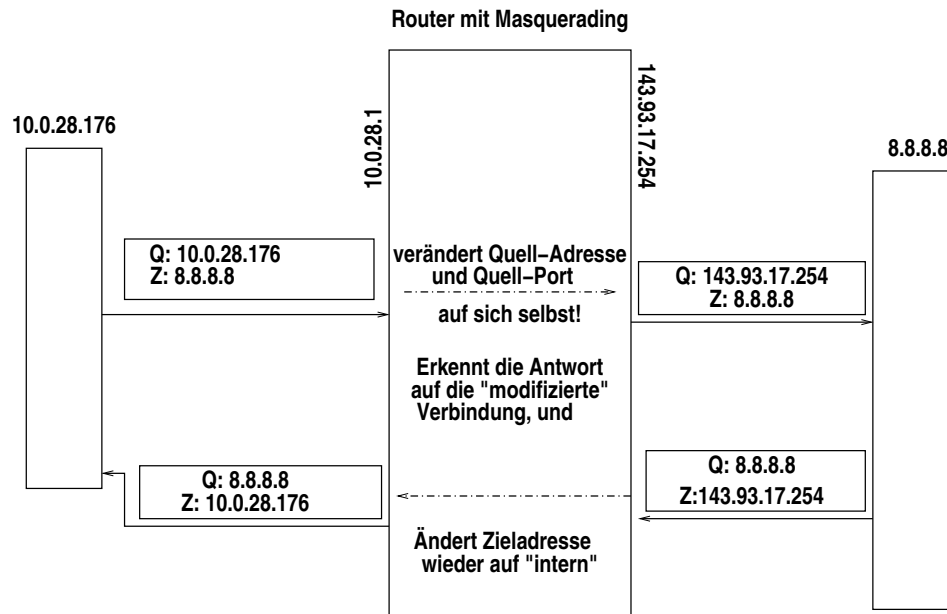
s.a.  Wikipedia „Port Address Translation“

Eine besonders elegante Form der Network Address Translation ist das „Masquerading“ (Port Address Translation), das bei fast allen Internet-Accesspoints (WLAN oder LAN) angewandt wird.

Hierbei ersetzt der Router die Quell-IP-Adresse aller ins Internet gehenden IP-Pakete durch seine eigene. Bei Rückantworten (folglich an sich selbst) ersetzt er die Ziel-Adresse durch die des Rechners im Intranet, der die Verbindung ursprünglich aufgebaut hat.

So bleibt die Netzwerkstruktur des Intranet vor der Außenwelt verborgen, und dennoch ist bidirektionaler Datenverkehr möglich, allerdings immer nur, wenn der Verbindungsaufbau vom privaten ins öffentliche Netz erfolgte.

Folie 59



**Merkmale:**

1. Verbindungen können nur vom internen (links) Netz nach außen (rechts) aufgebaut werden, da "private" Adressen (mit 10 oder 192.168 beginnend) nicht weitergeleitet werden.
2. Aus Sicht sowohl des Intranet als auch des Internet ist die Verbindung "transparent", d.h. der Vorgang des "Umschreibens" des Quell-Adresse passiert "unsichtbar". Jeder Kommunikationspartner "denkt" er sei direkt verbunden.

Um dieses Feature einzuschalten, wird mit **iptables** das „Connection Tracking“ verwendet, bei der aufgrund von Quell- und Zielport die wahren Absender bzw. Empfänger intern gespeichert und bei der Antwort wieder aktiviert werden. Das Einschalten von Masquerading ist erstaunlich einfach:

```
# Alle über Netzwerkkarte eth0 ins Internet gehenden
# weitergeleiteten Pakete werden masquiert
iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
```

Um sicherzugehen, dass eingehende Pakete, deren Verbindungsaufbau NICHT „von innen nach außen“ erfolgte, sicher gesperrt werden, kann man diese noch einmal explizit filtern bzw. nur die durchlassen, die den gleichen Rückkanal nutzen:

```
iptables -A INPUT -i eth0 -m state --state ESTABLISHED,RELATED -j ACCEPT
iptables -A INPUT -i eth0 -j DROP
```

Mit **DROP** wird eine aktive Rückantwort („Verbindung abgebrochen“ o.ä.) unterbunden, d.h. der Anrufende erfährt nicht, ob und warum der Verbindungsaufbau nicht klappt.

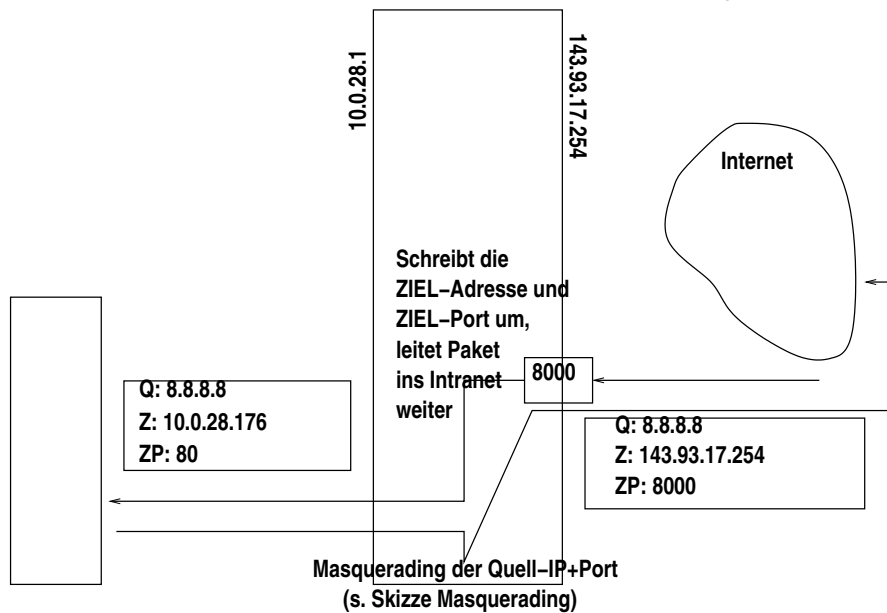
## (Full) Network Address Translation

s.a. [Wikipedia „Netzwerkübersetzung“](#)

Firewalls können auch eine Umsetzung von Quell- und Zieladressen vornehmen, indem die entsprechenden Segmente eines IP-Paketes „umgeschrieben“ werden. Der Zielrechner „sieht“ dann eine andere Adresse als die des Rechners, der ein Paket tatsächlich verschickt hat. Um eine Antwort weiterzuleiten, muss das gleiche Verfahren dann für die vermeintliche Zieladresse wiederholt werden.

Folie 60

Forwarding + Network Address Translation mit dem Ziel, einen Computer im INTRANET vom INTERNET aus ERREICHBAR zu machen (d.h. Kontaktaufnahme möglich!)



## VPN (neu 1)

Ein **Virtual Private Network** soll IP-Pakete zwischen meist örtlich getrennten Netzen weiterleiten, diese Netze also quasi (wie ein normaler Router) **verbinden**, allerdings erfolgt der Datentransport in einer potenziell feindlichen/unsicheren Umgebung (Internet).

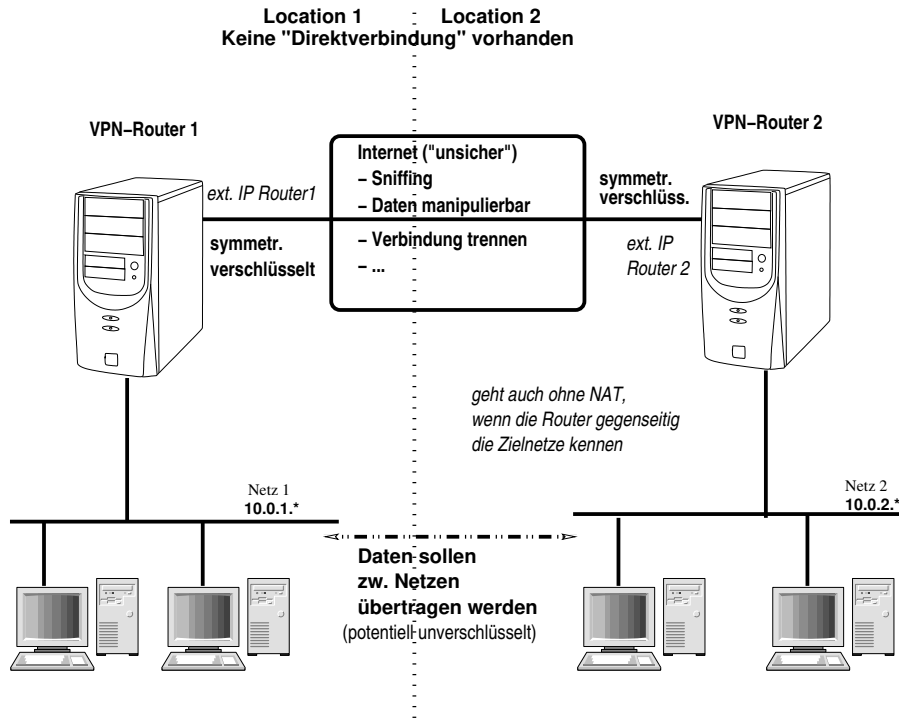
Die „unsichere“ Strecke wird durch Verschlüsselung in beiden Richtungen überbrückt. Um dies für die Benutzer transparent zu halten, wird in beiden Netzen i.D.R. ein **VPN-Router** integriert, der die Ver- und Entschlüsselung für die anderen Rechner in den beteiligten Netzen transparent (diese merken nichts davon) durchführt.

Folie 61

## VPN (neu 2)

Ein häufiger Use Case ist auch, Mitarbeitern Zugriff auf das komplette interne Netzwerk der Firma zu geben, indem sie sich am VPN-Router authentifizieren (Password und/oder SSL-Zertifikate). Das Gegenstück des VPN-Routers auf der Client-Seite ist dann eine Software (bzw. „VPN-Netzwerktreiber“), der direkt auf dem Client-PC läuft, und IP-Pakete per Masquerading in das Intranet „umleitet“, wenn sie entsprechende Zieladressen haben.


Folie 62

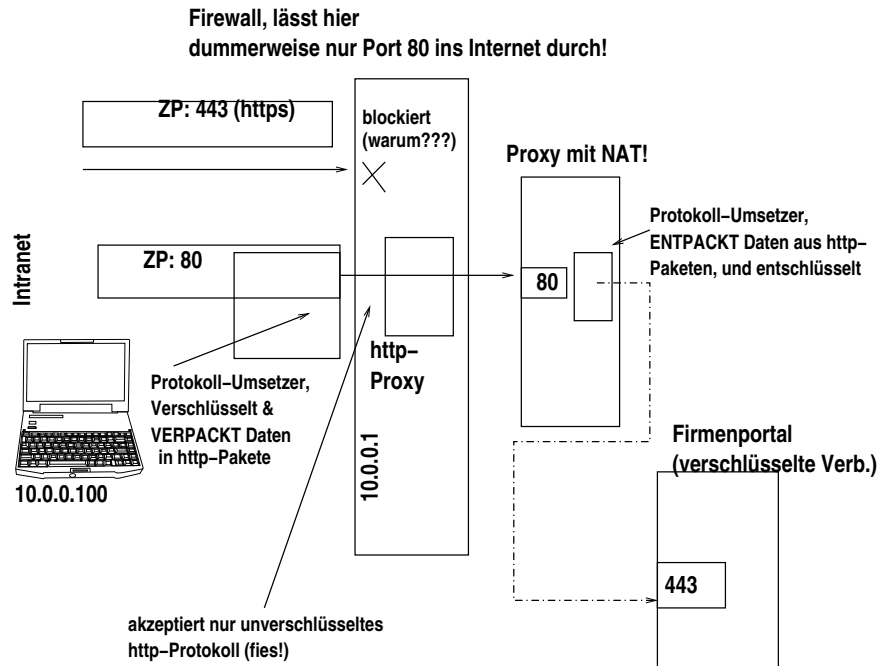


## Umgehen von Firewall-Restriktionen

Manchmal sind Firewalls „unsinnig“ konfiguriert, und erlauben nur unverschlüsselte Kommunikation (z.B. http statt https für WWW, imap statt imaps für E-Mail), so dass Passwörter und private Daten ausspioniert werden könnten.

Abhilfe kann hier das sog. „Firewall Piercing“ schaffen, das mit einer Protokollumsetzung nur vermeintlich den freigeschalteten, unsicheren Dienst auf Port 80 nutzt, in Wirklichkeit aber verschlüsselte Datenpakete in die „Web-Abfragen“ und Antworten packt, die dann auf dem simulierten Web-Server auf dem Zielsystem entpackt und ins Internet geroutet werden.

Beispiel:  `httptunnel` (Server `hts`, Client `htc`)



Das Nutzen eines ursprünglich für andere Zwecke vorgesehenen offenen / durchgereichten Ports auf einem Firewall mit ggf. Protokoll-Umsetzung und weiterem Routing an andere Zielrechner heißt "Firewall Piercing".

Natürlich kann diese Technologie genauso für legitime Zwecke genutzt werden, wie von Angreifern, die den Datentransfer als „Abruf von Webseiten“ kaschieren wollen.

## Netzwerk-Pakete „sniffen“

Als Sniffing oder Snooping wird das Verfahren bezeichnet, Netzwerk-Pakete abzufangen, zu speichern und zu analysieren, die NICHT für die eigene IP-Adresse als Empfänger beabsichtigt sind.

**Passive** Sniffer (kaum erkennbar für den Rest des Netzwerkes):

- **iptraf, etherape** Traffic-Analyzer (Portbasiert)
- **tcpdump**: Primitiver, aber effizienter IP-Logger

Hierfür wird der „Promiscuous Modus“ der jeweiligen Netzwerkkarte aktiviert, der auch Pakete empfangen kann, die nicht für die eigene IP gedacht sind.

Folie 64

**Passives Sniffing:** Es wird nur EMPFANGEN (gelauscht = geschnüffelt = sniffing)

**Aktives Sniffing** (z.B. ettercap): Es wird durch Streuen manipulierter Adressinformationen ( ARP

**Spoofing/Poisoning:** Zuordnungsinformationen zwischen Hardware-Adresse und IP-Adresse im IP-Protokoll Layer 3) der Datenverkehr auf den Computer des Angreifers „umgeleitet“, die Verbindungen werden komplett „übernommen“ und können auch vom Angreifer getrennt werden (☞ Denial of Service). Hierdurch kann auch der Inhalt der Datenpakete manipuliert werden, s.a. Folie 45.

## Angriffe auf die Netzwerk-Übertragung (1)

Direkter Einbruch in die Infrastruktur:

- ☞ Kompromittierung: Übernahme von Router/Accesspoint durch Missbrauch herstellerseitig installierter Services bzw. Hintertüren (☞ „Backdoor“ (z.B. Fern-Administration über unzureichend geschützte Service-Ports bei Netzwerk-Komponenten),
- ☞ Aufstellen eigener Accesspoints mit bekannter SSID aber ohne Authentifizierung/Verschlüsselung, bzw. Mobilfunk-Basen (☞ IMSI-Catcher),

Folie 65

## Aktive Sniffer

Häufig eingesetzte „Man in the Middle“ Attacken (auch **aktive** Sniffer, die Routing oder Pakete verändern):

- ☞ Umleiten von Paketen im LAN an Hardware-Adressen eigener Rechner per ☞ **Arp-Spoofing** mit ☞ **ettercap**, auch „feindliche Übernahme“ von Verbindungen möglich,
- ☞ Mitschneiden des Netzwerk-Datenverkehrs, auch verschlüsselt, zur späteren „Offline“-Auswertung ☞ **wireshark**.

Folie 66

S.a.

- ☞ ☞ „Backdoor“-Definition auf Wikipedia
- ☞ ☞ Router-Backdoor in Komponenten von Cisco, Netgear und Linksys
- ☞ <https://de.wikipedia.org/wiki/IMSI-Catcher>



↪ <https://de.wikipedia.org/wiki/Ettercap>

↪ <https://de.wikipedia.org/wiki/Wireshark>

Das judikative Bestreben, die länderspezifische Verbreitung solcher Tools durch Illegalisierung zu verbieten, ist rein logisch gesehen nicht dazu geeignet, den unbedarften Anwender vor Kriminellen zu schützen. Ausgebildete Netzwerk-Administratoren und Sicherheits-Experten können die gleichen Tools jedoch sinnvoll einsetzen, um Angriffspunkte in der eigenen Netzwerk-Infrastruktur zu erkennen und Möglichkeiten zur Fehlerbehebung zu finden.

S.a. [☞ Diskussion über Sinn und Anwendbarkeit des sog. „Hacker-Paragrafen“ § 202c StGB](#)

## Erkennung von Netzwerk-Manipulationen?

- ↪ Doppelte Hardware- oder IP-Adressen, häufige Verbindungsabbrüche (`tcpdump`-Analyse,
- ↪ Protokollanalyse: Wird eine unverschlüsselte Verbindung erzwungen? (Mobilfunk: `SnoopSnitch`)

Folie 67

## Gefahr durch IoT-Geräte?

- ↪ Das „Internet of Things“ erlaubt das Monitoring, Auslesen und Verarbeiten von Sensordaten, Ein- und Ausschalten sowie Regelung von Parametern komfortabel über das heimische WLAN oder das Internet per App.
- ↪ Da sich das IoT-Gerät (z.B. „Smart“-Steckdose mit WLAN und kompatibler App auf dem Smartphone) hinter der heimischen Firewall bzw. dem Maquerading Router (Accesspoint) befindet, sollte es (eigentlich) nicht aus dem Internet scan- oder kontaktierbar.
- ↪ Wie kann dann eigentlich die App auf dem Smartphones von unterwegs aus den Strom ein- und ausschalten oder Messwerte abrufen???)

\*) Und warum soll man sich schon bei der Installation der App mit einem Passwort registrieren?

Folie 68

## 4.4 Fallbeispiel: IoT-Gerät (WLAN-Steckdose)

### 4.4.1 Wieso kann man man aus dem Internet die Steckdose ein- und ausschalten?

... Tafelskizze ...

### 4.4.2 Fremdgesteuert: Der Spion im Haus

Der Betreiber des Proxies im Internet steuert die Steckdose. Die Zugangsdaten des Anwenders sollen zunächst die Zuordnung zwischen dem Gerät (das sich mit irgendeiner eindeutigen Kennung anmelden wird) in der Datenbank auf dem Proxy gewährleisten, und natürlich eine Authentifikation (Vertraulichkeit).

Da die **Kontrolle** aus technischer Sicht jedoch vollständig beim Betreiber des Proxies liegt, hat dieser die Möglichkeit, **alle** Steckdosen zu steuern, Daten auszulesen (wie gespeicherte WLAN-Passwörter), oder auch eine neue Firmware mit weiteren Möglichkeiten einzuspielen, ohne dass der Benutzer dies merkt.

📄 <https://www.heise.de/newsticker/meldung/35C3-Ueber-die-smarte-Gluehbirne-das-Heimnetz>

### 4.4.3 Abhilfe?

Selbst, wenn man dem Betreiber des Proxies nicht unterstellt, die von ihm vertriebenen und kontrollierten Produkte ohne Zustimmung des Benutzers zu missbrauchen, könnte ein erfolgreicher Angriff auf den Proxy die Funktion aller Geräte lahmlegen (Denial of Service) oder im schlimmsten Fall alle Geräte unter die Kontrolle des Angreifers bringen.

Es ist also zu überlegen, ob man die Funktionalität, nicht nur lokal, sondern auch aus dem Internet auf die Funksteckdose zuzugreifen, nicht selbst konfigurierbar und ohne Proxy unter fremder Kontrolle gestalten möchte.

Die Firmware auf dem Gerät lässt dies allerdings im Regelfall nicht zu.

### Lösungsansatz: Eigene „custom“-Firmware auf das Gerät flashen?

Ist die Hardware bekannt / dokumentiert („Open Hardware“), so besteht oft die Möglichkeit, die vorinstallierte mit einer selbst konfigurierbaren Firmware<sup>2</sup> zu überschreiben. Da die Geräte oft auf Microcontroller-Basis gebaut werden (aus Kostengründen und wegen geringerer Abmessungen, Eigenstromverbrauch und Komplexität), sind die Firmware-Quellcodes überschaubar bzw. von geringer Komplexität. Es ist auf dem Gerät kein Betriebssystem im eigentlichen Sinne installiert, sondern es läuft, quasi in einer Endlosschleife, ein „Programm“, das Sensoren abfragt und Steuerungsaufgaben vollzieht.

<sup>2</sup>Z.B. beim verbreiteten ESP8266-Microcontroller-Board in vielen Smarten Steckdosen, s.a. 📄 <https://github.com/arendst/Sonoff-Tasmota>

## Gefahr durch VPNs und BYOD?

- ⇒ Jedes Netzwerk ist nur so sicher wie die „schwächste“ Komponente,
- ⇒ Beim Zusammenschließen von Netzwerken per VPN (auch wenn die Verbindung an sich „sicher“ ist) wird die Anzahl von potenziellen Angriffszielen und Angreifern erhöht.
- ⇒ Wird erlaubt, eigene Geräte ins Netzwerk zu bringen („Bring Your Own Device“), müssen alle anderen Netzteilnehmer entsprechend gesichert werden, falls es sich bei dem neuen Gerät vielleicht um einen „Angreifer“ handelt. Für dieses Szenario gibt es die „Client Isolation“ als Abhilfe in den meisten Routern/Accesspoints, hierdurch wird Datenaustausch direkt zwischen den Clients unterbunden. Das ist allerdings oft verwirrend oder kontraproduktiv.

Folie 69

## Cross Site Scripting Angriffe (XSS)

s.a.  Wikipedia

- ⇒ (Scheinbare oder echte) Manipulation einer an sich harmlosen Webseite, für den Anwender im Browser nicht erkennbar (Code injection),
- ⇒ mit oder ohne Ändern von Daten auf dem Server zu diesem Zweck,
- ⇒ Eigentlich kein direkter Angriff auf den Server, aber Ausnutzen von dessen Vertrauenswürdigkeit, möglicherweise überschreiben Serverseitiger Daten.
- ⇒ „Unsichere Webformulare“ bzw. Content-Management-Systeme.

Folie 70

# Live-Beispiel

... einer an sich harmlosen und einfachen PHP Web-Applikation aus der Softwaretechnik-Vorlesung.

Folie 71

Vollständiger Code des „hochgradig gefährlichen“ Gästebuchs:

```
<HTML>
<HEAD>
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf8">
  <TITLE>Ein Gästebuch in PHP</TITLE>
</HEAD>
<BODY>

  <H1>Ein Gästebuch in PHP</H1>

  <H2>Neuer Eintrag:</H2>

  <!-- Das Formular zum eingeben einer Nachricht, mit Knopf zum Absenden -->
  <!-- Es ruft sich selbst wieder auf, daher kein "ACTION=...". -->

  <FORM method=POST>
    Ihre Nachricht:<br>
    <textarea name="beitrag" rows=5 cols=40></textarea><br>
    <input type=submit value="Beitrag absenden">
  </FORM>

  <!-- Wenn das Formular bereits abgeschickt wurde, soll der Eintrag ins
  Gästebuch permanent gespeichert werden. -->
  <!-- Hierzu muss eine Datei geöffnet werden. Da der WWW-Server mit
  reduzierten Rechten läuft, sollte diese in einem für "Gäste"
  schreibbaren Bereich liegen, z.B. unter Windows in
  C:\Windows\TEMP\gaestebuch.txt -->

  <?php

  // Wenn ein Beitrag abgeschickt wurde -> Speichern in der Datei
  if($_POST[beitrag] != ""){
    // Die Datei muss für den Webserver schreibbar sein!
    // Windows:
```

```

// $datei = fopen("C:\Windows\TEMP\gaestebuch.txt", "a");
// Oder: eine schreibbare Datei im aktuellen Verzeichnis verwenden
// Linux:
// $datei = fopen("/tmp/gaestebuch.txt", "a");
// z.B. .gaestebuch.txt
$datei = fopen(".gaestebuch.txt", "a"); // "a" für "append" = "anhängen"
// Trennzeichen (Linie) und Zusatz-Infos zum Besucher
fwrite($datei, "<hr width=50% align=center>");
fwrite($datei, $_SERVER[REMOTE_ADDR]);
fwrite($datei, " schrieb ");
fwrite($datei, date("r", $_SERVER[REQUEST_TIME]));
fwrite($datei, ":\n");
// Beitrag
fwrite($datei, $_POST[beitrag]);
fwrite($datei, "\n");
fclose($datei);
}

?>

<H2>Dies haben andere geschrieben:</H2>

<!-- Wir wollen eigentlich nur Text-Postings erlauben, daher PRE.../PRE -->
<PRE> <?php readfile(".gaestebuch.txt"); ?> </PRE>

</BODY>
</HTML>

```

Wo könnte das Problem liegen? Würde ein Ändern der Datei-Lokation von `.gaestebuch.txt` im Verzeichnis, in der auch die PHP-Datei liegt, nach `/tmp/gaestebuch.txt` Abhilfe schaffen?

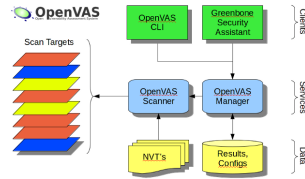
## Empfehlungen des BSI

(Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik)

- ⇒ Empfehlungen zur „Cyber-Sicherheit“
- ⇒ Netzwerk-Tool für Sicherheits-Beauftragte: Nessus Security Scanner (ehemals Open Source, Lizenzänderung durch die Urheber erlaubt nicht mehr die freie Verbreitung Open Source Fork OpenVAS (nächste Seite)



# OpenVAS

Vom  BSI empfohlen: Open Vulnerability Assessment System (OpenVAS)



Folie 73

## Weitere Tools

-  BSI: mapWOC
-  OWasp XSS Testing

Folie 74

## 4.5 Eindringen von Schadsoftware in Netzwerke über Messaging / Mail

Problem: Fast alle Nachrichtendienste, angefangen mit der nach wie populären E-Mail, erlauben grundsätzlich das Senden „ohne Erlaubnis des Empfängers“, lediglich das Senderbezogene Filtern („Blacklist“) wird von den meisten Clients unterstützt, ist aber aufwändig und unzuverlässig. „Opt-In“-Mailinglisten sind hingegen eher freiwillig, auch wenn Landesrecht inzwischen unverlangte „Massen-mails“ untersagt (für Versender innerhalb Deutschlands).

Speziell bei E-Mail sieht weder das Container-Format, noch das SMTP-Protokoll eine Authentifizierung

und Verifikation des Absenders vor. Absenderadressen und die meisten Mailheader sind trivial zu „fälschen“, wenn man die Details über das Mailprotokoll kennt.

```
telnet localhost 25
```

```
HELO localhost
```

```
MAIL FROM: weihnachtsmann@nordpol.de
```

```
RCPT TO: knopper@knopper.net
```

```
DATA
```

```
From: Der Weihnachtsmann <weihnachtsmann@nordpol.de>
```

```
To: Klaus Knopper <knopper@knopper.net>
```

```
Subject: Ho Ho Ho
```

```
Test
```

.

## SPAM / Mailfilter (auch Malware)

Ziel: Entfernen bzw. Quarantäne unerwünschter bzw. gefährlicher Inhalte


Probleme (1):

1. Erkennung von Schadsoftware und unerwünschten Inhalten anhand von Signaturen, die ständig in einer Datenbank aktualisiert werden müssen. „Neue“ Schadsoftware kann nur anhand eines angenommenen „Verhaltens“ identifiziert werden, was eine schwierige Aufgabe ist.
2. Verschlüsselte Inhalte oder solche, die in Archiven mit Passwort (das dem Empfänger über andere Kanäle mitgeteilt wird) untergebracht ist, kann nicht untersucht werden.
3. Überlastung des Filters durch Massenmails und große Anhänge.

Folie 75

## SPAM / Mailfilter (auch Malware)

### Probleme (1):

1. „False Positives“: Auch ungefährliche / wichtige Inhalte werden fälschlicherweise gefiltert, wenn eine zu einfach gestaltete Signatur passt und erreichen den Empfänger nicht.
2. Arbeitsaufwand: In Quarantäne geschickte Inhalte müssen manuell untersucht werden, wenn sie nicht generell verworfen werden sollen.
3. Sollen die Absender-Adressen (die sich leicht fälschen lassen) darüber informiert werden, dass ihre E-Mail nicht ankam? Gefahr durch  Backscatter

Folie 76

## Lösungsansatz aus der Praxis (1)

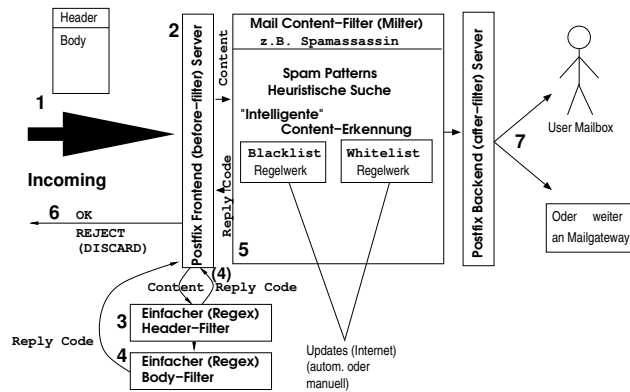
### „Sandwich-Konfiguration“ des Nachrichtenfilters:

1. Ein „Frontend“-Server nimmt die Nachricht zunächst an, sendet aber noch keinen Bestätigungs-Code für den „erfolgreichen Empfang“ sondern hält die TCP-Verbindung aufrecht.
2. Ein leistungsfähiger „Backend“-Server (Rechenleistung, Parallelverarbeitung, Speicher, temporärer Speicherplatz, ...) untersucht die Nachricht auf unerwünschte Inhalte oder Malware und meldet den Status der Untersuchung („OK“ oder gefundene Bedrohungen mit Fehlercode) an den Frontend-Server.
  - (a) Bei „guten“ Nachrichten stellt der Frontend- (oder Backend-)Server die E-Mail zu, der Frontend-Server meldet einen Erfolgs-Code über die noch bestehende Verbindung zum Server und kann diese trennen (oder auf weitere Nachrichten über die gleiche Verbindung warten).
  - (b) Bei „gefährlichen“ oder „unerwünschten“ Nachrichten meldet der Frontend-Server einen Fehlercode über die noch bestehende Verbindung zum Sender und trennt die Verbindung. Die Nachricht wird verworfen oder ein Quarantäne-Verzeichnis verschoben.

Folie 77



## Lösungsansatz aus der Praxis (2)



Folie 78

## Lösungsansatz aus der Praxis (3)

Beispiel: Postfix-Mailserver in Sandwich-Konfiguration

Hier: Der Spam- und Malware-Filter läuft zwischen erstem und zweitem Mailserver als sog. „milter“ (Mailfilter), nimmt Mails nur vom Frontend-Server an, der allerdings zuvor schon SMTP-Protokollbasiert und/oder mit Hilfe einfacher „Muster-Filter“ eine erste Zurückweisung unerwünschter Mails vornehmen kann. Der Backend-Server stellt schließlich die als „OK“ durchgegangenen Mails zu oder leitet sie an ein Mailgateway weiter. Für Technik-Fans: Konfigurationsbeispiel im Ordner `postfix-config`

Folie 79

## Lösungsansatz aus der Praxis (4)

„Sandwich-Konfiguration“ des Nachrichtenfilters:

Vorteile:

- ⇒ Der Sender erhält einen Fehlercode, der auch (bei SMTP) eine Klartext-Meldung erhalten kann, und erfährt daher, dass die Nachricht nicht zugestellt wurde.
- ⇒ Backscatter wird vermieden, da keine Fehler-Nachricht neu generiert und an den ggf. gefälschten Absender aktiv zugesandt wird.

Folie 80

## Lösungsansatz aus der Praxis (5)

„Sandwich-Konfiguration“ des Nachrichtenfilters:

Nachteile:

- ⇒ Der Backend-Server muss leistungsfähig genug sein, dass auch in Zeiten hohen Nachrichtenaufkommens innerhalb einer dienstspezifischen Timeout-Spanne kein Verbindungsabbruch während der Untersuchung der Nachrichteninhalte auftritt.
- ⇒ Zwei Server notwendig, wodurch die Möglichkeit eines Software-Fehlers erhöht wird, durch den der Nachrichtenversand möglicherweise komplett zum Erliegen kommt.

Folie 81

Intermezzo: Aus (immer noch) aktuellem Anlass...

Sicherheitslücke aus Hardware-Ebene **Meltdown** und **Spectre**, Analyse, Auswirkungen und Folgen: Was ist dran? Risiken? Was muss/kann man tun?

S.a. separates [Handout zu „Meltdown und Spectre“](#).

Folie 82

## 5 IT-Sicherheit im Gesamtkonzept, Normen und Gesetze

Fast schon „traditionell“ wird die IT in einem kleinen Unternehmen „ad-hoc“ installiert (DSL-Router und Accesspoint kaufen, Rechner per Switch / WLAN vernetzen, fertig!). Dies führt dazu, dass erst bei fatalen Problemen eine Planung und Administration etabliert wird, „wenn es eigentlich schon zu spät ist“. ☞ Kopfschmerztablette statt Stressvermeidung.

### Gesamtkonzept

- ⇒ IT-Sicherheit bei vorhandenen Installationen etablieren (?) oder altes Konzept überarbeiten („mit möglichst wenig Änderungen“?)
- ⇒ IT-Sicherheit als Teil eines Gesamtkonzeptes bei der Planung berücksichtigen
- ⇒ Rechtslage
- ⇒ Hilfestellungen
- ⇒ (kommerzielles) IT-Consulting

HOWTO?

Folie 83

## 5.1 Normen und Zertifizierungen

### Normen und Zertifizierungen

☞ IT-Sicherheitsmanagement: internationale ☞ ISO/IEC-27000-Reihe

Im deutschsprachigen Raum: ☞ IT-Grundschutz

Evaluierung und Zertifizierung von IT-Produkten und -systemen: ☞ ISO/IEC 15408 (Common Criteria)

Folie 84

### IT-Sicherheitsstandards und Handbücher

Hier ist zwischen technischen Maßnahmen (Verschlüsselung, Firewall, Zugangskontrolle, physikalische Netzwerk- und Systemtrennung etc.) und organisatorischen Maßnahmen (Policy, Konzept) zu unterscheiden, die ineinander greifen müssen, um zum Erfolg zu führen.

| Norm               | Inhalte   |
|--------------------|---|
| ISO/IEC 15408      | Common Criteria                                   |
| ISO/IEC 27001      | Informationssicherheits-Managementsysteme (ISMS)  |
| ISO/IEC 27002      | Informationssicherheits-Managementsysteme (ISMS)  |
| BSI-Standard 100-1 | Managementsysteme für Informationssicherheit      |
| BSI-Standard 100-2 | IT Grundschutz Vorgehensweise (BSI2)              |
| BSI-Standard 100-3 | Risikoanalyse auf Basis von IT-Grundschutz (BSI3) |

Abbildung 1: Liste von Normen und Empfehlungen zur Informationssicherheit

Auszug aus BITKOM: Kompass der IT-Sicherheitsstandards

<http://www.kompass-sicherheitsstandards.de/>

Fragen: Wird bei diesen Standards tatsächlich ein „hoher Grad von Sicherheit“ zertifiziert oder gefordert? Was genau wird bei „Common Criteria“ („Allgemeine Kriterien für die Bewertung der Sicherheit von Informationstechnologie“) eigentlich betrachtet? (auch ☞ Kritik lesen!)

## 5.2 IT- und Netzwerk-Planung

### Hilfestellungen und Richtlinien

Hierfür ist in Deutschland das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik zuständig, das in Form von Sicherheitswarnungen, Analysen, Informationsportalen und teils SEHR umfangreichen Richtlinien-Dokumenten eine beratende Funktion sowohl für Privatanwender als auch für Unternehmen jeder Größe übernimmt. (☞ Gesetzliche Grundlage „BSI-Gesetz“)

Allerdings nimmt das BSI keine „Aufträge als IT-Dienstleister“ an, und steht nicht in Konkurrenz zu Firmen aus dem Sicherheitsbereich.

<http://bsi.bund.de/>

Folie 85

### BSI-Dokumente (neue Standards)

- ☞ ☞ Grundschatz-Kompodium [Mindmap]
- ☞ ☞ BSI Standard 200-1 „Managementsysteme für Informationssicherheit“
- ☞ ☞ BSI Standard 200-2 „IT Grundschatz - Vorgehensweise“
- ☞ ☞ BSI Standard 200-3 „Risikomanagement“

Folie 86

### 5.3 Computer Emergency Response [Team]

#### CERT

Während die bisher genannten Dokumente und Einrichtungen bei der Einrichtung sicherer Infrastrukturen unterstützen sollen, und präventiv wirken, ist bei akuten Vorfällen oft keine Zeit mehr, umfangreiche Dokumente zu lesen.

Das Computer Emergency Response Team [Definition auf Wikipedia](#) ist für schnelle Hilfe, Informations-Weiterreichung und akute Warnungen im Bereich der IT-Sicherheit zuständig. Hierfür gibt es je nach Zielgruppe unterschiedliche Einrichtungen, z.B. [CERT-Bund](#) als Teilbereich des BSI.

Folie 87

### 5.4 Gesetzliche Grundlagen - Das IT-Sicherheits Gesetz

#### Gesetzliche Grundlagen

Während die Grundsatz-Handreichungen des BSI das Unternehmen **freiwillig** darin unterstützen sollen, sich selbst gegen Cyber-Angriffe zu schützen, ist mit dem 2015 verabschiedeten IT-Sicherheitsgesetz eine Verpflichtung verbunden, andere / unternehmensexterne Personen und Einrichtungen vor Angriffen zu schützen, die durch die Ausnutzung eigener Sicherheitslücken entstehen können. Hiermit ist die kontrovers diskutierte Verpflichtung zu einer mehr oder weniger weit gehenden Protokollierung von Nutzer-Aktivitäten und Netzverbindungen verbunden, z.B. bei ISPs (Internet Service Providern), die die Zugänge ihrer Kunden überwachen und Protokolle eine gewisse Zeit aufbewahren und für Strafverfolgungsbehörden auf Anfrage zugänglich machen müssen.

Auch eine Meldepflicht von sicherheitsrelevanten Vorfällen für Betreiber „kritischer Infrastrukturen“ ist Bestandteil des Gesetzes.

[IT-Sicherheitsgesetz \(mit Zusammenfassung vom BSI\)](#) [FAQ](#)

Folie 88

## 6 Aktuelle Themen (Vorschläge)

### 6.1 Blockchain: Krypto-Wallets und Hardware Ledger - Sichere Aufbewahrung für Krypto-Assets

Anlässlich des 10. Geburtstages von Bitcoin...

Am Anfang war die Blockchain - 10 Jahre Bitcoin (Heise)  
Proof-of-Key Day (Behalte die Kontrolle über deine Schlüssel) (BTC-Echo)

Folie 89

### Sicherheit von Blockchain-Anwendungen

S.a. separaten Foliensatz „Bitcoin“ als Beispiel für eine *verteilte* Blockchain-Anwendung.


Übersicht:

- ⇒ Zentral kontrollierte vs. öffentliche/verteilte Blockchains,
- ⇒ Konsens-Verfahren: 51% Attacke bei „Proof of Work“, Angriffsszenarien auf das Verfahren an sich (Verfügbarkeit), Replay-Attacken oder Double Spending bei fehlerhaften Algorithmen,
- ⇒ Risiko: Sichere Aufbewahrung der *geheimen Schlüssel* für die Signatur von Transaktionen

Folie 90

## Privater Schlüssel (Signatur)

Gespeichert werden die kritischen privaten bzw. geheimen Schlüssel in eine(m/r) sog. digitalen Wallet („Geldbörse“).

- ⇒ Sicherheitskriterien bei Erzeugung: Gute Zufallszahlen, hohe Schlüssellänge
- ⇒ Aufbewahrung: An „sicherem“ Ort, z.B. Offline („Cold Wallet“),
- ⇒ Maßnahmen gegen Diebstahl:
  - ⇒ Verschlüsselung der Wallet,
  - ⇒ Wegschließen (Paper-Wallet z.B. mit  [bitaddress.org](https://bitaddress.org) erzeugt, im Safe oder versteckt)
  - ⇒ „Auswendig merken“ eines Key oder Master-Seed (bei Hierarchical Deterministic Wallets (HD-Wallet)),
  - ⇒ Hardware-Wallet: Schlüssel und Signaturalgorithmus in einem „Smart Device“, signiert Transaktionen auch sicher in kompromittierten Umgebungen, allerdings auch hier mögliche Angriffspunkte: [35089Demos](#)

## 6.2 Authentifizierung von SaaS-Anwendungen - Passwort(-Generierungs-Tabellen), Einmalpasswörter (TANs, mTANs), Zwei-Faktor

### Authentifizierung: Challenge Response (1)

Hier wird mit Hilfe einer benutzerspezifischen Tabelle ein Challenge Response Verfahren umgesetzt, das auf einer nur dem Besitzer zugänglichen Tabelle oder Rechenvorschrift beruht. Das „Schloss“ gibt bei jedem Öffnungsversuch einen zeitlich begrenzt gültigen Code aus, der mit Hilfe der Rechenvorschrift vom Benutzer in ein gültiges Passwort „übersetzt“ werden muss, welches das Schloss dann öffnet.



## Authentifizierung: Challenge Response (2)

Authentifizierung „as a service“: sog. Authentikatoren generieren zeitlich begrenzt gültige „Einmal-Passwörter“, die auf ein dem Benutzer eindeutig zugeordnetem Endgerät generiert werden. Diese Passwörter werden bei der Passwort-Abfrage eingegeben. Der authentigierte Dienst fragt beim Online-Authentikator nach der Prüfsumme des aktuell gültigen Passworts, stimmt diese überein, ist der Benutzer für die Session authentifiziert.

Da dieses Verfahren bei Diebstahl des passwort-generierenden Endgerätes sehr schwach ist, wird er oft als ergänznde Authentifikation in einem Multi-Faktor Authentifikationsverfahren verwendet.

Folie 93

## Zwei-Faktor / Mehr-Faktor Authentifizierung

Hierunter versteht man die erforderliche Kombination aus mindestens zwei verschiedenen aus einem Set von  $n$  möglichen Authentifikationsmechanismen, die alle erfolgreich sein müssen, damit die Authentifikation erfolgt, z.B. die Kombination aus

1. Einfaches Passwort,
2. Transaktionsnummer, die per SMS oder E-Mail an den Benutzer verschickt wird.

Beispiele: Online-Banking mit mTAN, Zugang zu Online-Börsen.

Vorteil: Zusätzlicher Schutz,

Nachteil: Aufwändiger, kein Zugang bei Verlust der komplementären Authentifikation.

Folie 94

### 6.3 Zentrale (Single Sign On) vs. Dezentrale Authentifizierung

### 6.4 Vertiefung: Angriffsvektoren in webbasierten Anwendungen

### 6.5 Wie funktioniert *SQL-Injection* und wie kann der Programmierer dies verhindern?

### 6.6 Chancen und Risiken von Service/IoT-Verzeichnissen wie *Shodan*

### 6.7 Post Mortem: Was tun, wenn Schadsoftware auf einem Rechner festgestellt wurde? Erste oder letzte Maßnahmen.

#### Post Mortem: Schadsoftware gefunden!

##### Erste Maßnahmen:

- ⇒ Rechner vom Netz trennen (Intranet+Internet),
- ⇒ Nicht ausschalten (es könnte sein, dass man sich nicht mehr anmelden kann, ☹️ Ransomware, Verschlüsselungs-/Erpressungs-Trojaner)
- ⇒ Datensicherung aller RELEVANTEN Daten auf externen Datenträger,
- ⇒ Kontrolle, dass die gesicherten Daten sich auch noch (auf einem anderen Computer) lesen lassen.

Folie 95

## Bereinigung vs. Neuinstallation (1)

### Bereinigung („Virenschanner“, Quarantäne)

- ⇒ Vorteil: Sind nur wenige, eindeutig identifizierbare Komponenten kompromittiert, ist nach deren Bereinigung das System wieder „wie gewohnt“ verfügbar.
- ⇒ Nachteil: Da die Schadsoftware meist neuer ist als die Schadsoftware-Datenbank, ist es leicht möglich, infizierte Dateien zu übersehen ⇒ Neuinfektion.
- ⇒ Nachteil: Desinfektion erfordert „sauberes“ System (z.B. Live-Stick booten), da infizierte Dateien „gelockt“ oder unsichtbar sein können.

⇒ Es ist sehr arbeitsaufwändig und erfordert viel Fachwissen und Recherche, um alle potenziellen kompromittierten Dateien, Bootloader, Systemkomponenten zu finden und durch „saubere“ Versionen zu ersetzen. Kommerzielle Schadsoftware-Scanner enthalten zwar oft sinnvolle Algorithmen, um dies zu automatisieren, das Restrisiko ist aber hoch.

## Bereinigung vs. Neuinstallation (2)

### Neuinstallation

- ⇒ Vorteil: Nach Löschen aller System- und Anwenderdateien und Neuinstallation von einem „sauberen“ Datenträger nebst Updates ist das System zunächst in einem einwandfreien Zustand.
- ⇒ Vorteil: Das System kann bei dieser Gelegenheit auch fehlerbereinigt/aktualisiert werden.
- ⇒ Nachteil: Die anschließend restaurierten Nutzerdaten könnten, trotz Virenschanner, noch Schadsoftware enthalten und das System erneut kompromittieren.
- ⇒ Nachteil: Nach Neuinstallation sind ggf. Konfigurationsdaten, Zugangspasswörter etc. „vergessen“ und müssen neu eingetragen werden.

## Aktuelle Meldungen hierzu

- ⇒  Masterschlüssel für FilesLocker
- ⇒ ...

Folie 98

## Übung (18.1.2019): Stehlen von Bitcoins

Vorbereitung: Kurz-Einführung in Linux und TCP/IP, Werkzeuge **nmap**, **putty**.

Folie 99