Mit Kryptographie die Welt retten

Cypherpunk in Theorie und Praxis

Sebastian Beschke
sebastian@sbeschke.de

Chaostreff Tübingen

01. 10. 2011

Überblick

Einführung in die Kryptographie

Eine einfache Chiffre

FBSKHUSXQNV ZULWH FRGH

Eine einfache Chiffre

```
FBSKHUSXQNV ZULWH FRGH
cypherpunks write code
```

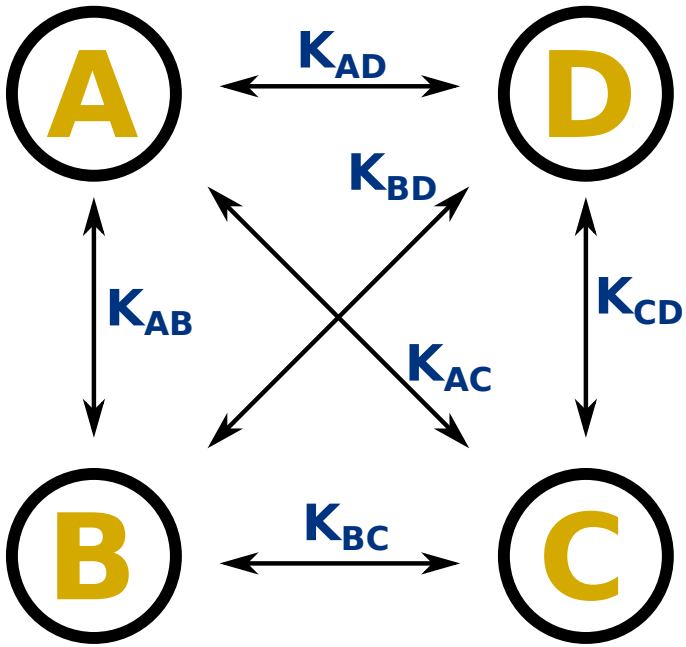
Eine einfache Chiffre

`FBSKHUSXQNV ZULWH FRGH`
`cypherpunks write code`

$K = 3$
Schlüssel

Symmetrische und Public-Key-Verschlüsselung

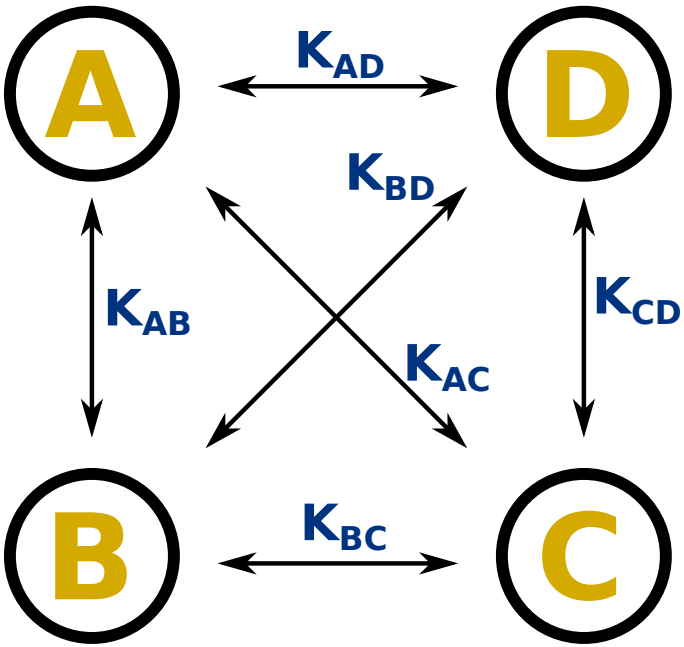
Symmetrisches Verfahren:



$\Rightarrow \frac{n(n-1)}{2}$ Schlüssel

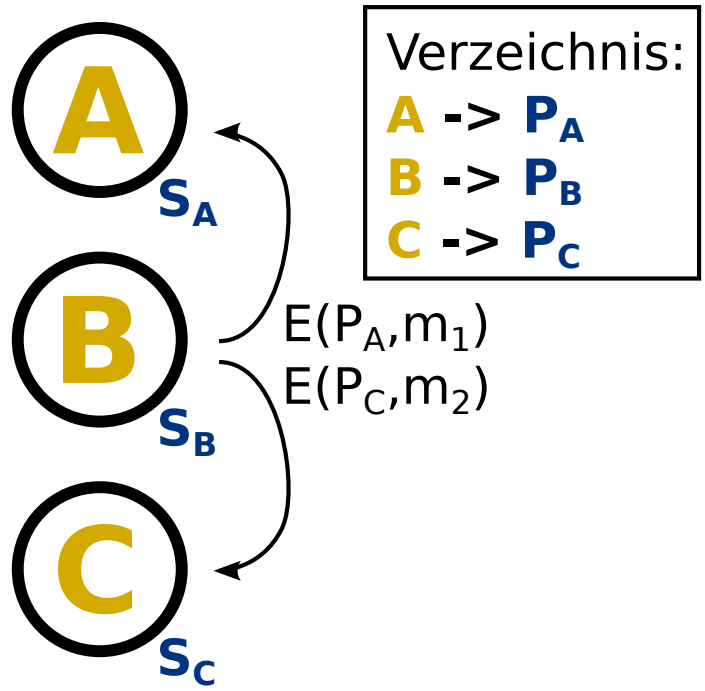
Symmetrische und Public-Key-Verschlüsselung

Symmetrisches Verfahren:



$\Rightarrow \frac{n(n-1)}{2}$ Schlüssel

Public-Key-Verfahren:



$\Rightarrow 2n$ Schlüssel

Hybride Verfahren

- Public-Key-Kryptographie ist aufwändig zu berechnen
- Daher oft hybrider Ansatz:
  - Austausch eines Schlüssels mittels Public-Key-Kryptographie
  - Anschließend symmetrische Verschlüsselung mit diesem Schlüssel
  - Der Schlüssel ist dann in der Regel kurzlebig

Das RSA-Verfahren

- RSA ist eines der ältesten Public-Key-Verfahren (1978)
- Auch heute noch ein Standard-Verfahren
- Basiert auf der Modulo-Rechnung und dem Satz von Euler
- Deshalb jetzt ein wenig Mathe. . .

Modulo-Rechnung

- Modulo-Rechnung ist das Rechnen mit Resten
- $4 \cdot 4 \equiv ? \pmod 5$

Modulo-Rechnung

- Modulo-Rechnung ist das Rechnen mit Resten
- $4 \cdot 4 \equiv ? \pmod 5$
- $4 \cdot 4 = 16$

Modulo-Rechnung

- Modulo-Rechnung ist das Rechnen mit Resten
- $4 \cdot 4 \equiv ? \pmod 5$
- $4 \cdot 4 = 16$
- $16 : 5 = 3$ Rest $\mathbf{1}$

Modulo-Rechnung

- Modulo-Rechnung ist das Rechnen mit Resten
- $4 \cdot 4 \equiv ? \pmod 5$
- $4 \cdot 4 = 16$
- $16 : 5 = 3$ Rest $\mathbf{1}$
- Also $4 \cdot 4 \equiv 1 \pmod 5$

Der Satz von Euler

Definition (Die Eulersche φ-Funktion)

$\varphi(n) =$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen $\leq n$

Der Satz von Euler

Definition (Die Eulersche φ-Funktion)

$\varphi(n) =$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen $\leq n$

- Ist p eine Primzahl, so ist $\varphi(p) = p - 1$
- Ist $n = pq$, p, q prim, so ist $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$

Der Satz von Euler

Definition (Die Eulersche φ-Funktion)

$\varphi(n) =$ Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen $\leq n$

- Ist p eine Primzahl, so ist $\varphi(p) = p - 1$
- Ist $n = pq$, p, q prim, so ist $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$

Theorem (Der Satz von Euler)

Seien a und n teilerfremd. Dann gilt $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$

Verschlüsseln mit dem Satz von Euler

Theorem (Der Satz von Euler)

Seien a und n teilerfremd. Dann gilt $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$

- Sei n das Produkt zweier Primzahlen p, q
- Angenommen, wir haben e, d mit $ed = k \cdot \varphi(n) + 1$

Verschlüsseln mit dem Satz von Euler

Theorem (Der Satz von Euler)

Seien a und n teilerfremd. Dann gilt $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$

- Sei n das Produkt zweier Primzahlen p, q
- Angenommen, wir haben e, d mit $ed = k \cdot \varphi(n) + 1$
- Sei m eine Nachricht.
- $c \equiv m^e \pmod{n}$ ist dann die verschlüsselte Nachricht.

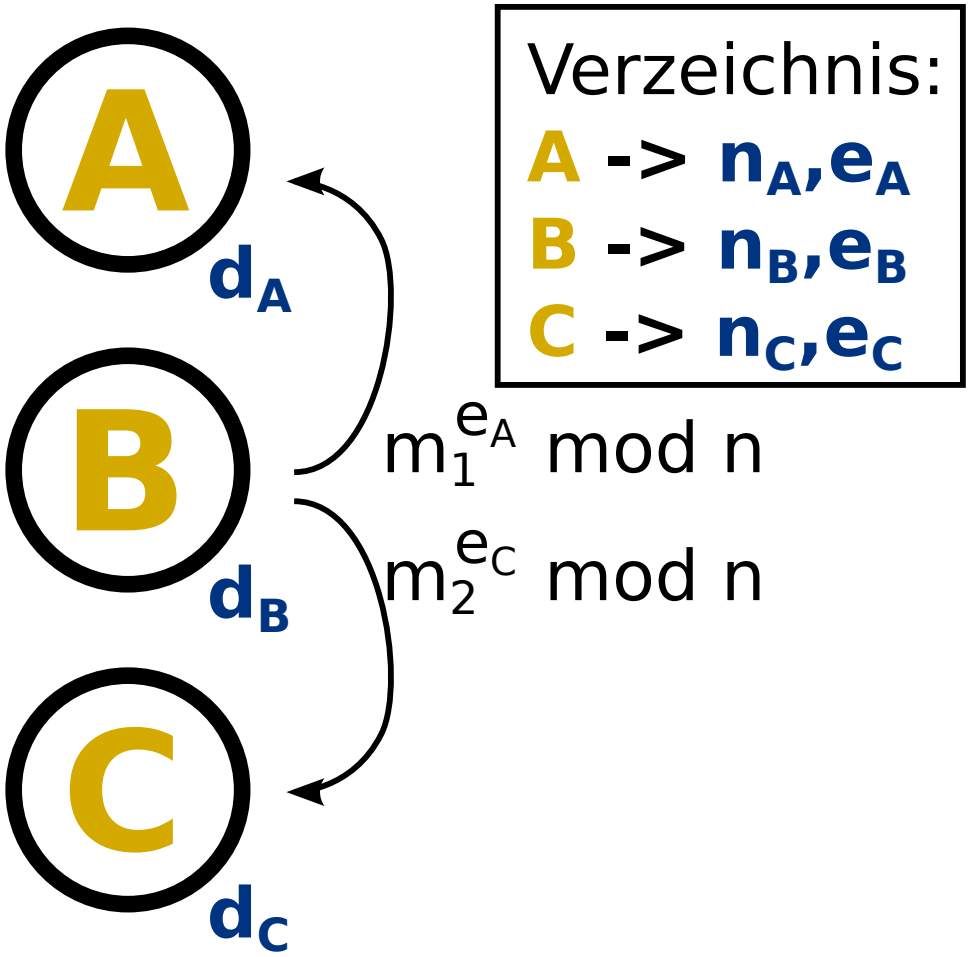
Verschlüsseln mit dem Satz von Euler

Theorem (Der Satz von Euler)

Seien a und n teilerfremd. Dann gilt $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$

- Sei n das Produkt zweier Primzahlen p, q
- Angenommen, wir haben e, d mit $ed = k \cdot \varphi(n) + 1$
- Sei m eine Nachricht.
- $c \equiv m^e \pmod{n}$ ist dann die verschlüsselte Nachricht.
- Kennt man d, kann man sie entschlüsseln:
  $c^d \equiv m^{ed} \equiv m^{k \cdot \varphi(n)+1} \equiv m \cdot m^{k \cdot \varphi(n)} \equiv m \pmod{n}$

RSA-Verschlüsselung



Sicherheit von RSA

- Ein Angreifer könnte $\log_e m^e$ berechnen.
  - Das ist bei Modulorechnung sehr schwierig.

Sicherheit von RSA

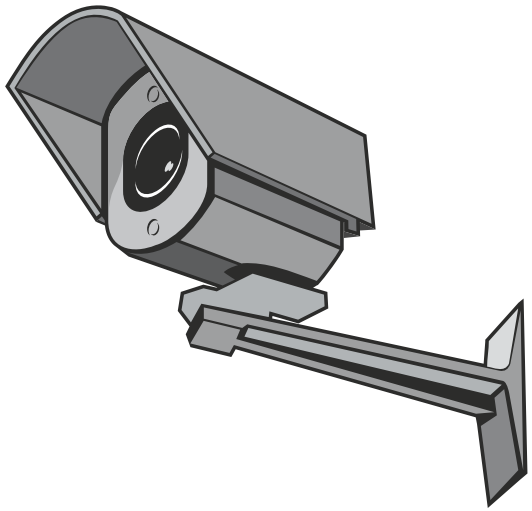
- Ein Angreifer könnte $\log_e m^e$ berechnen.
  - Das ist bei Modulorechnung sehr schwierig.
- Oder er könnte versuchen, d zu bestimmen.
  - Der Knackpunkt: Zur Bestimmung von d braucht man $\varphi(n)$
  - Leicht zu bestimmen, wenn man p, q kennt: $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$.
  - Sonst aber sehr schwer zu bestimmen.

  $\Rightarrow$ d zu bestimmen, ist so schwer, wie die Primfaktorzerlegung von n.

Privatsphäre unter Beschuss

Die Rolle von Kryptographie

- Kryptographie: Metier von Geheimdiensten und Geheimniskrämern?
- Nicht im Informationszeitalter!



Was heißt eigentlich „Privatsphäre“?

- Privatsphäre ist nicht nur Verschlüsselung:
  - Anonymität
  - Abstreitbarkeit
  - Authentifizierung

Was heißt eigentlich „Privatsphäre“?

- Privatsphäre ist nicht nur Verschlüsselung:
  - Anonymität
  - Abstreitbarkeit
  - Authentifizierung
- Privatsphäre ist nicht Geheimnistuerei:
  - *Geheime* Informationen soll *niemand* erfahren
  - *Private* Informationen soll *nicht jeder* erfahren

“Privacy is the power to selectively reveal oneself to the world.”
Eric Hughes, A Cypherpunk’s Manifesto

Der Kampf um die Privatsphäre

- Privatsphäre ist ein wiederkehrendes Thema der politischen Debatte in Deutschland:
  - Klarnamenspflicht im Internet
  - Vorratsdatenspeicherung
  - Bundestrojaner
  - Zensur(sula)gesetz
  - Übermittlung von Fluggastdaten
  - usw. usf.

Der Kampf um die Privatsphäre

- Privatsphäre ist ein wiederkehrendes Thema der politischen Debatte in Deutschland:
  - Klarnamenspflicht im Internet
  - Vorratsdatenspeicherung
  - Bundestrojaner
  - Zensur(sula)gesetz
  - Übermittlung von Fluggastdaten
  - usw. usf.
- oder auch kürzlich:

  „Eine anonyme Teilhabe am politischen Meinungs- und Willensbildungsprozess ist abzulehnen.“
  Positionspapier der CDU/CSU-Fraktion im Bundestag zum Thema „Freiheit des Internet“

Diskrepanzen

- In der „realen Welt“ ist Privatsphäre oft der Standard.
  - Bargeld, Briefgeheimnis...
- In der digitalen Welt sieht das meistens anders aus:
  - Standardmäßig unverschlüsselte Übertragung von Webseiten, E-Mail, Chatnachrichten...
  - Internet-Verbindungen sind über den Provider zurückverfolgbar

Das *Cypherpunk's Manifesto*

- Eine offene Gesellschaft braucht Privatsphäre
- Regierungen und Konzerne werden Privatsphäre nicht freiwillig schaffen
- Kryptographie ist das Mittel zur Wahrung der Privatsphäre
- Cypherpunks machen entsprechende Software

"Cypherpunks write code."

Interessante Projekte

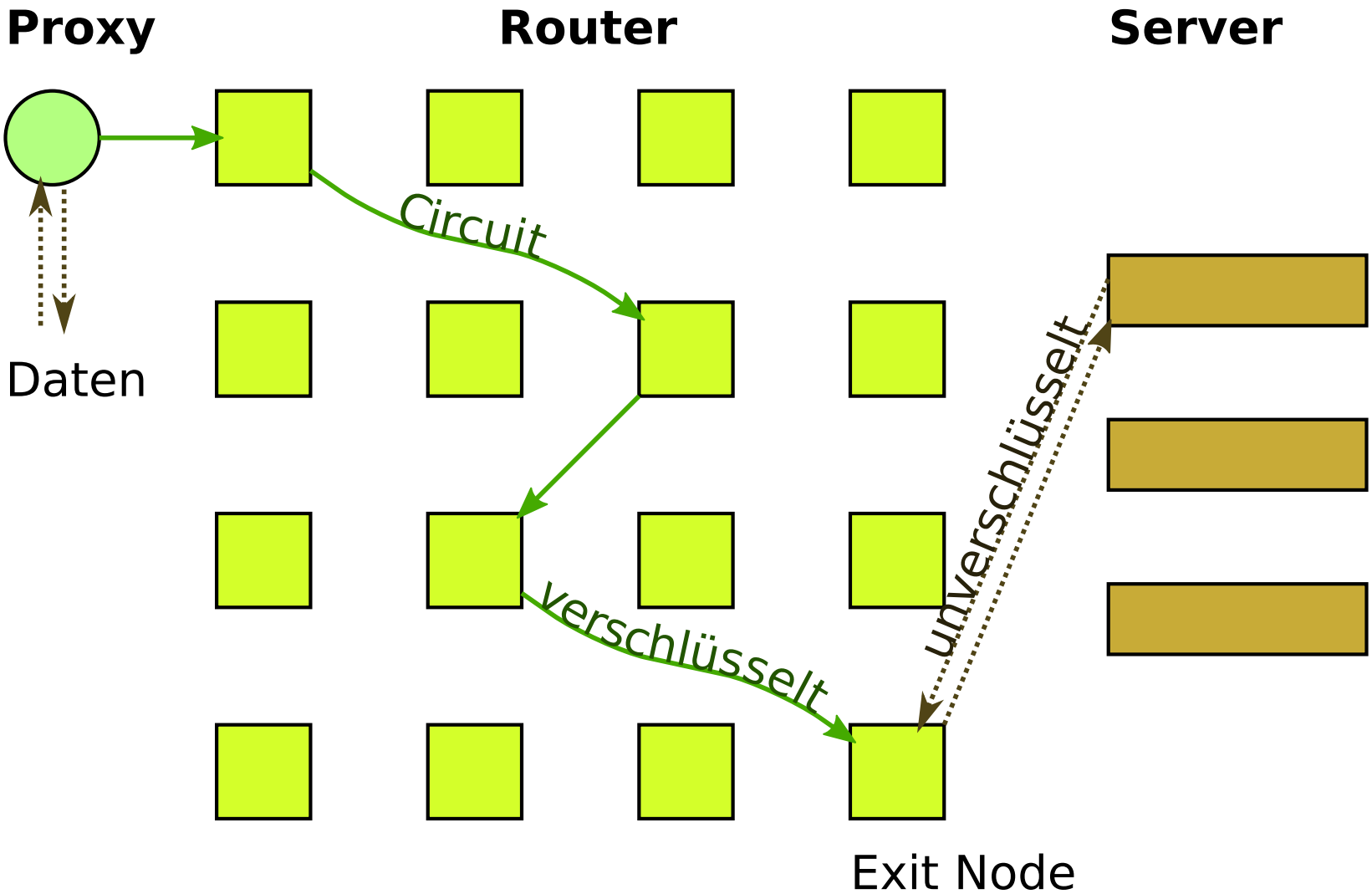
- Bitcoin
- Freenet
- Off-the-Record messaging
- Tor

Die Anonymisierungssoftware Tor

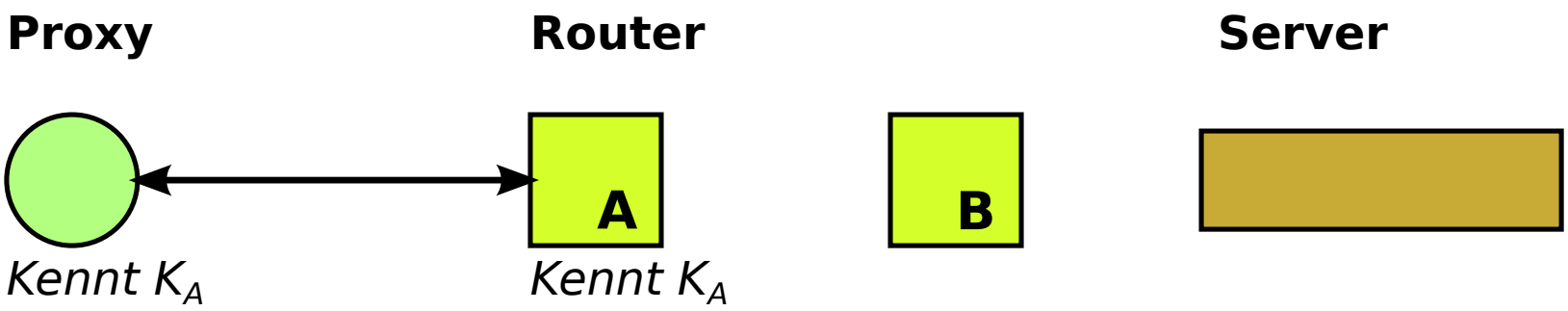
Überblick über Tor

- Das Tor-Projekt...
  - Entstanden als Weiterentwicklung des "Onion Routing"-Projekts des US Naval Research Laboratory
  - Später finanziert durch die Electronic Frontier Foundation
  - Seit 2006 ist das "Tor Project" eine Nonprofit-Organisation in den USA
- Ziele von Tor
  - Verschleiern: Wer kommuniziert mit wem?
  - Umgehen von Zensurschranken
  - Anonymes Bereitstellen von Informationen

Netzwerkstruktur von Tor

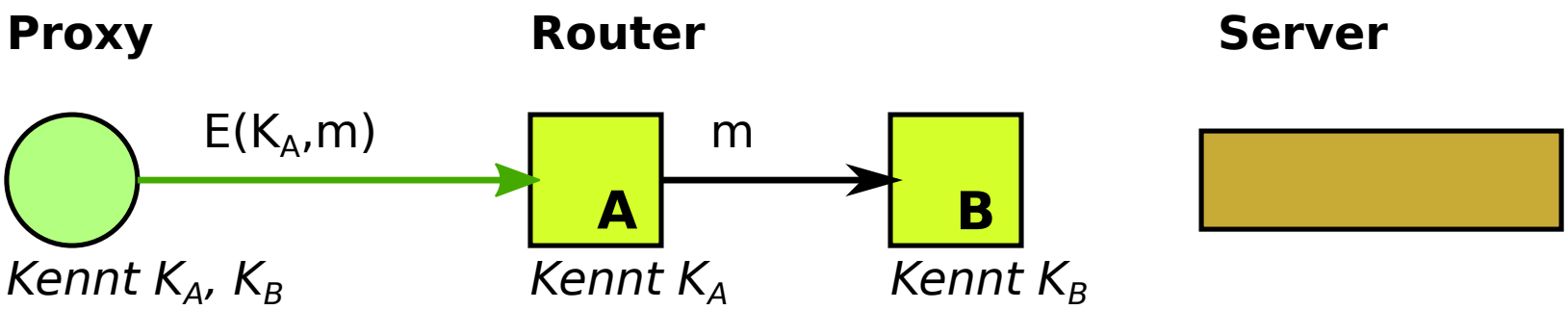


Aufbau eines Circuit



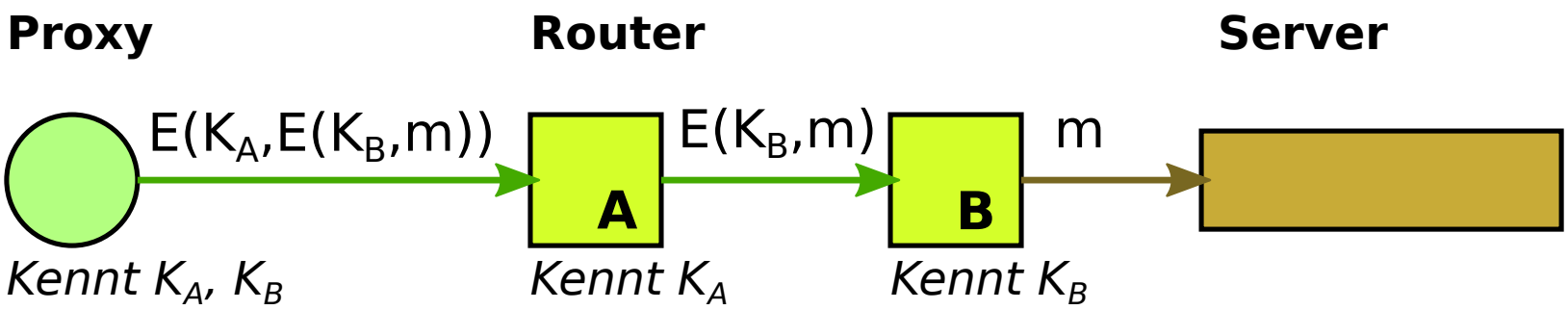
Schlüsselaustausch von K_A

Aufbau eines Circuit



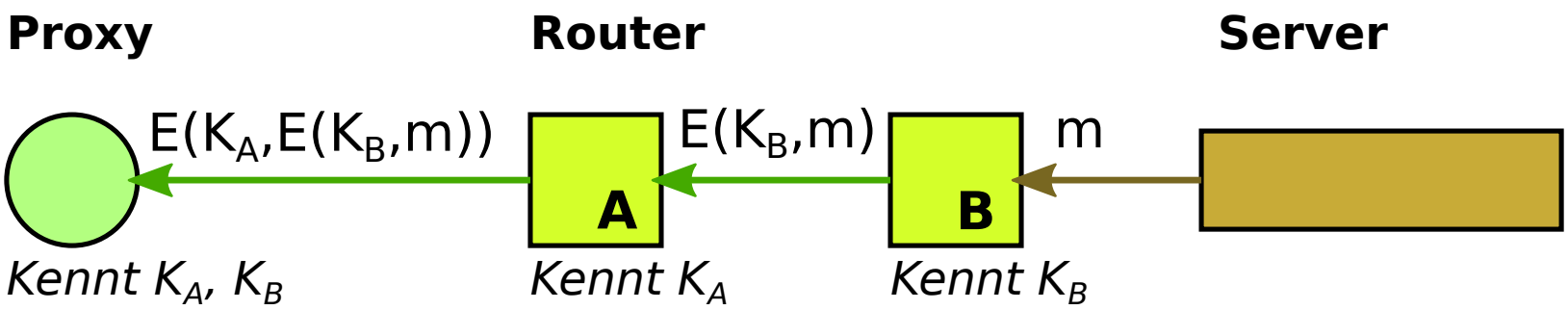
m=„Circuit erweitern auf B“; Schlüsselaustausch mit B von K_B

Weiterleiten von Daten



m=„GET /index.html HTTP 1.1 …“

Weiterleiten von Daten



m=„HTTP/1.1 200 OK …“

Anonymisierung

- Niemand erfährt, mit wem der Sender kommuniziert
  - Der Server denkt, die Anfrage käme vom Exit Node
  - Jeder Knoten im Circuit kennt nur seine Nachbarn
  - Nur der Exit Node kann das Ziel des Datenpakets sehen
- Aber:
  - Der Exit Node sieht den Datenverkehr im Klartext
  - Daher ist Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zum Server sinnvoll
  - Trotzdem kann das Datenpaket identifizierende Daten beinhalten

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Der Schutz der Privatsphäre ist wichtig
- Geschickter Einsatz von Kryptographie kann hierbei helfen
- Es ist schwer, ein wasserdichtes Kryptosystem zu bauen
- Selbst ein wasserdichtes System kann durch Fehler auf anderen Ebenen außer Kraft gesetzt werden
- Aber: Die Grundprinzipien sind einfach zu verstehen – Jede/r kann mitdenken

Quellen und Anhang

sebastian@sbeschke.de (OpenPGP: 0x78FE61BF)

- Die Vortragsmaterialien sind CC-BY-SA: Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen.
- Buchtipp: Steven Levy, Crypto - How the code rebels beat the government - saving privacy in the digital age
- Mehr Krypto-Hintergründe: (Englische) Wikipedia über die angesprochenen Themen
- Mehr über Anonymität: `http://freehaven.net/anonbib/date.html`
- Das Design von Tor: `https://svn.torproject.org/svn/projects/design-paper/tor-design.html`
- Mehr zum Chaostreff Tübingen: `http://chaostreff.klappezu.org`