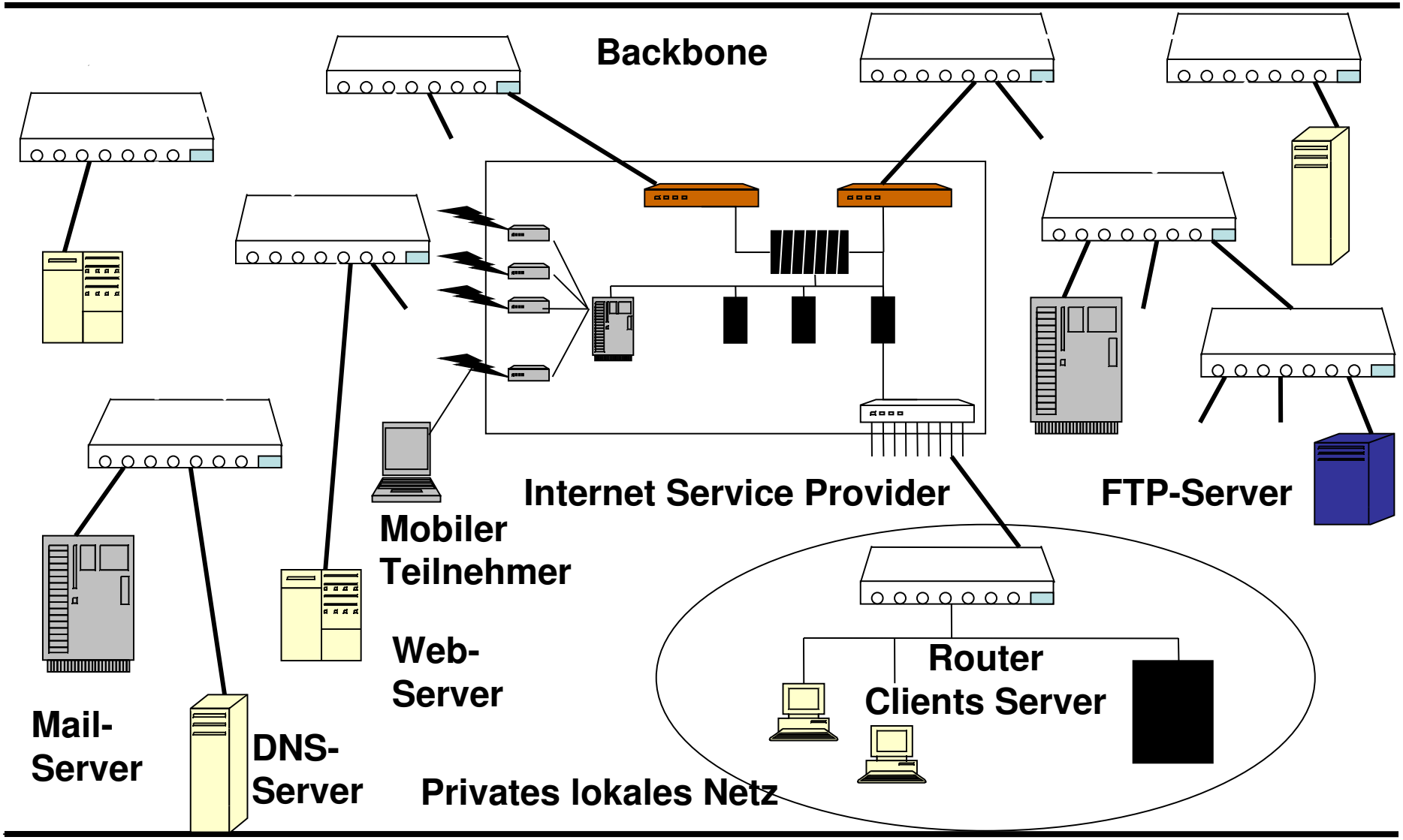
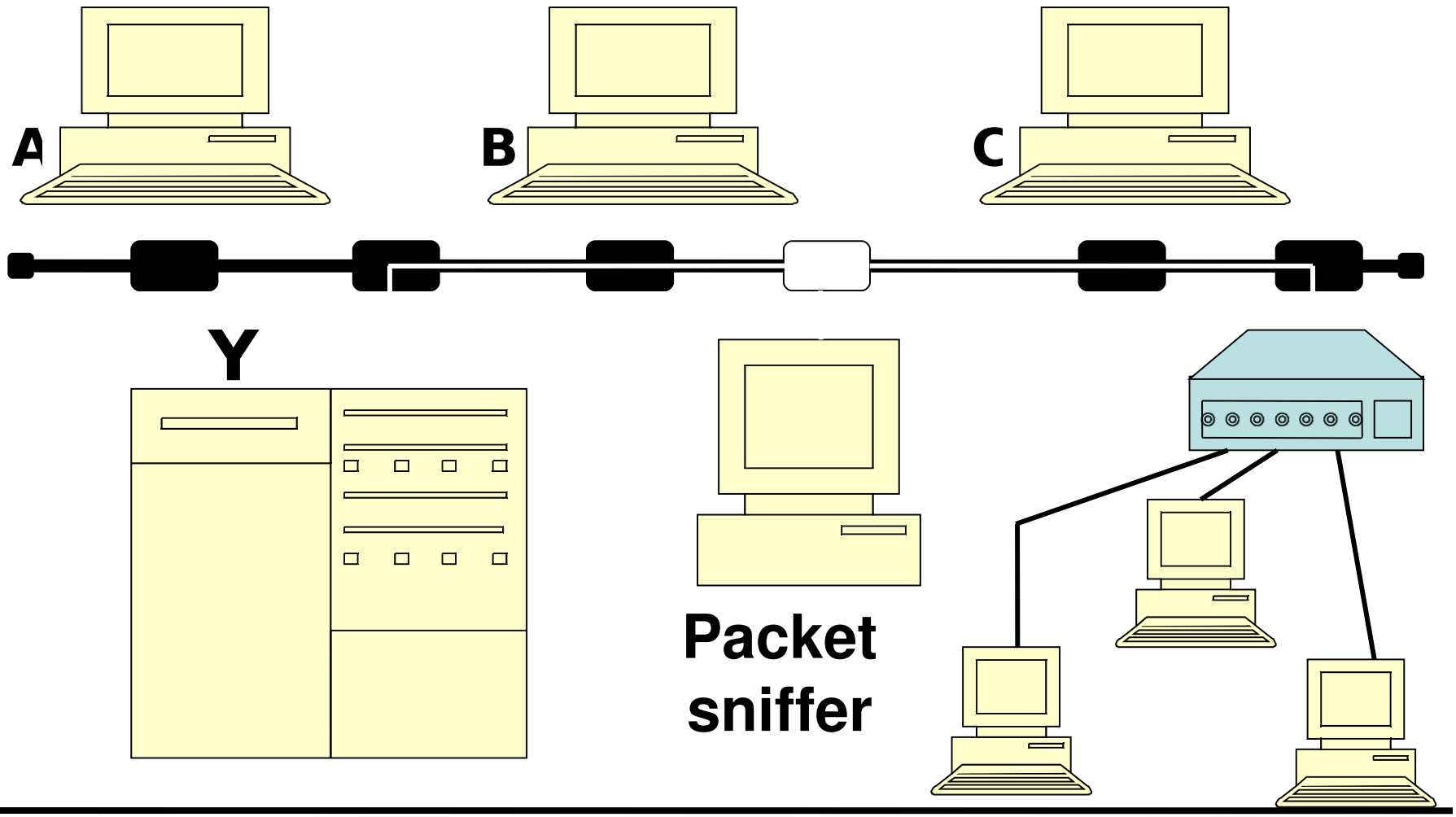
2 Netzwerksicherheit und Kryptographie

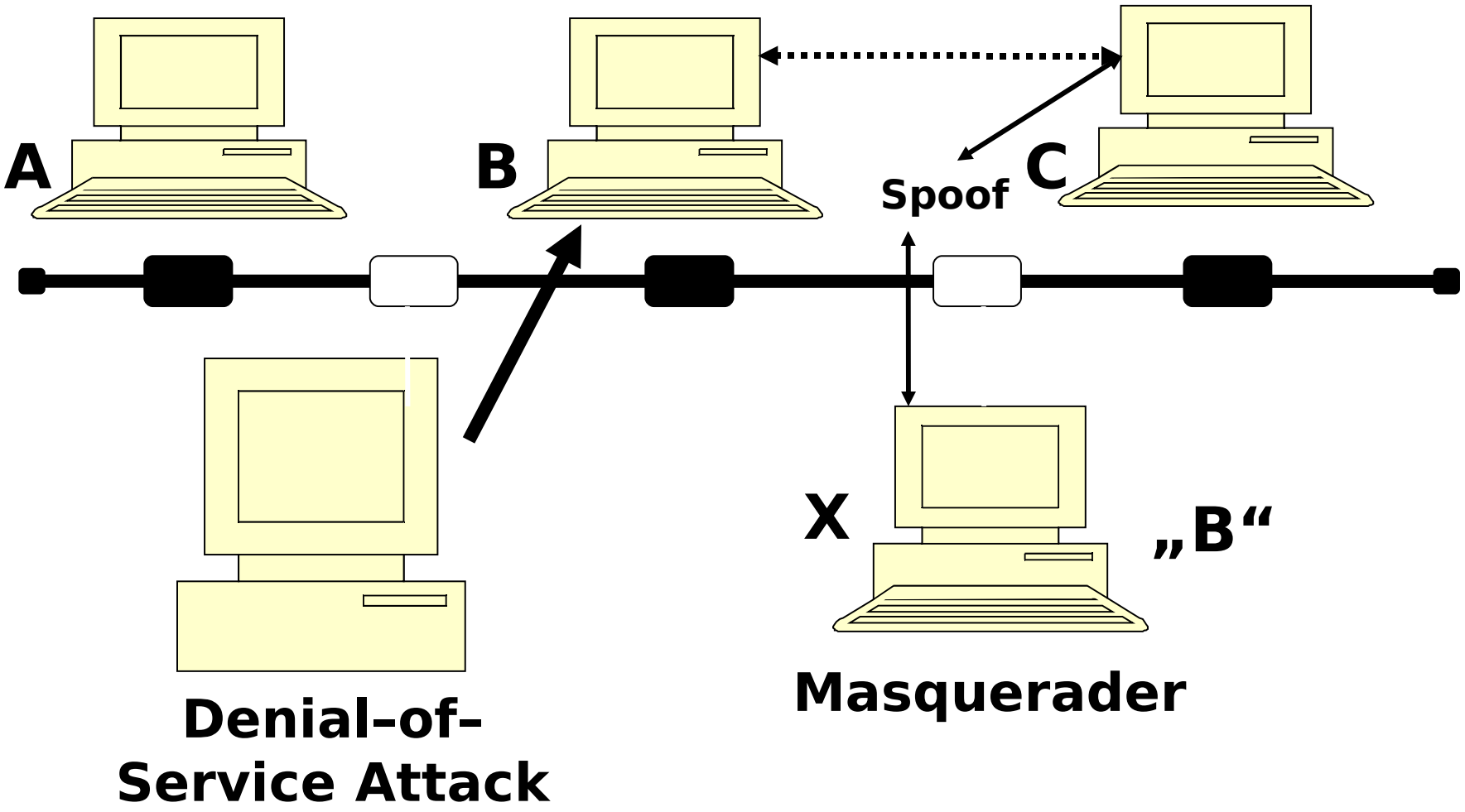
Das Internet



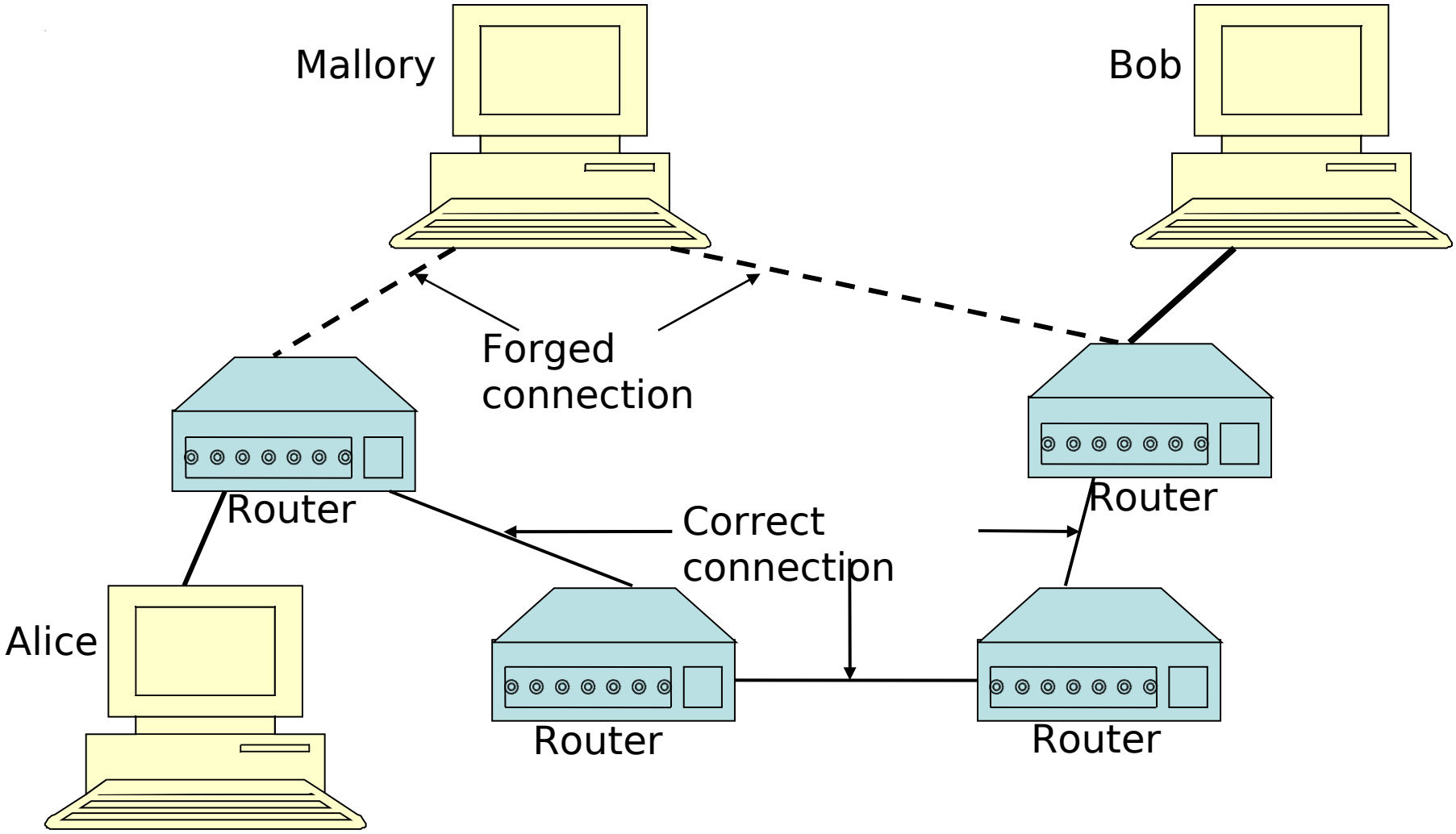
Internet Angriffe: Abhören



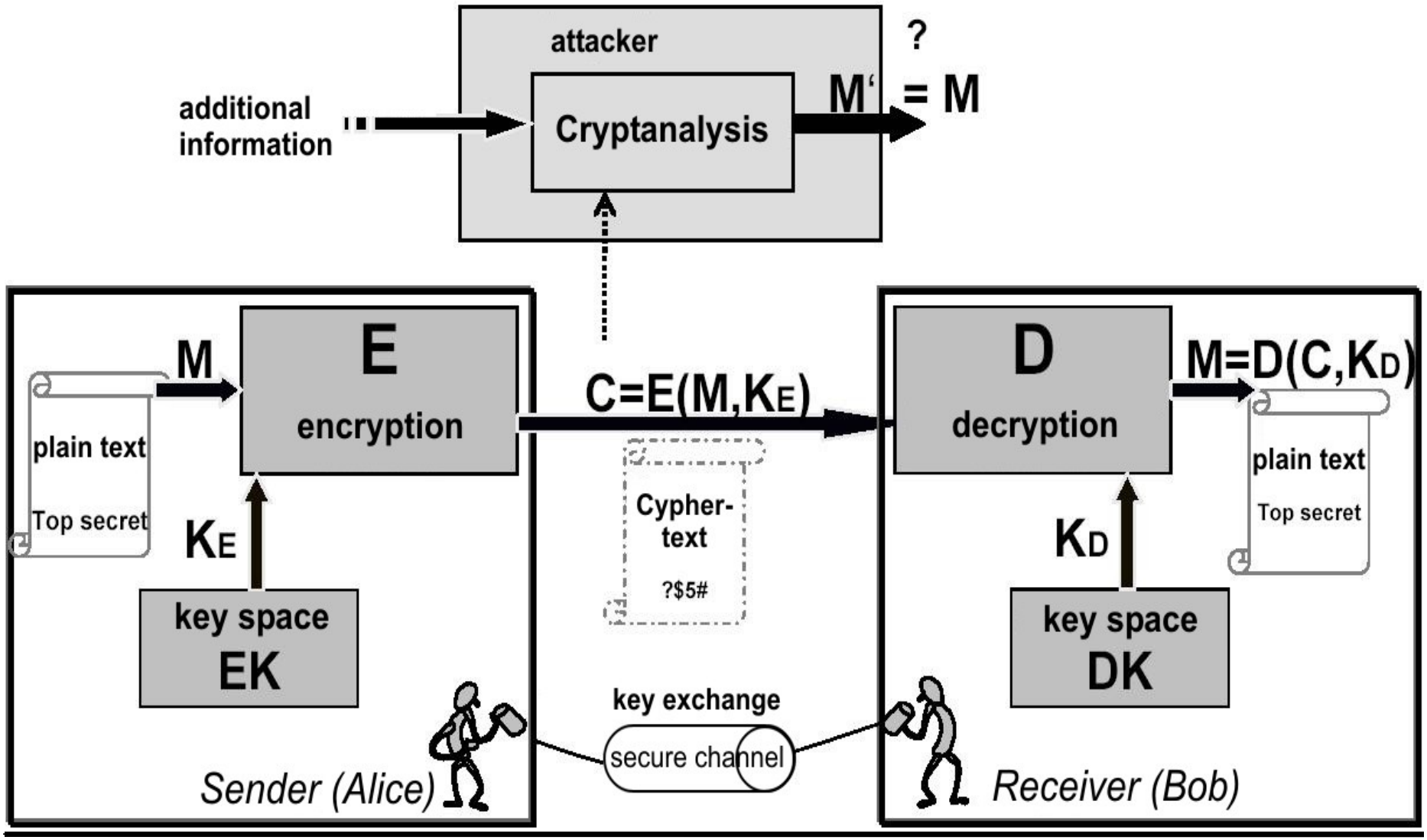
Internet II: Masquerading (Spoofing)



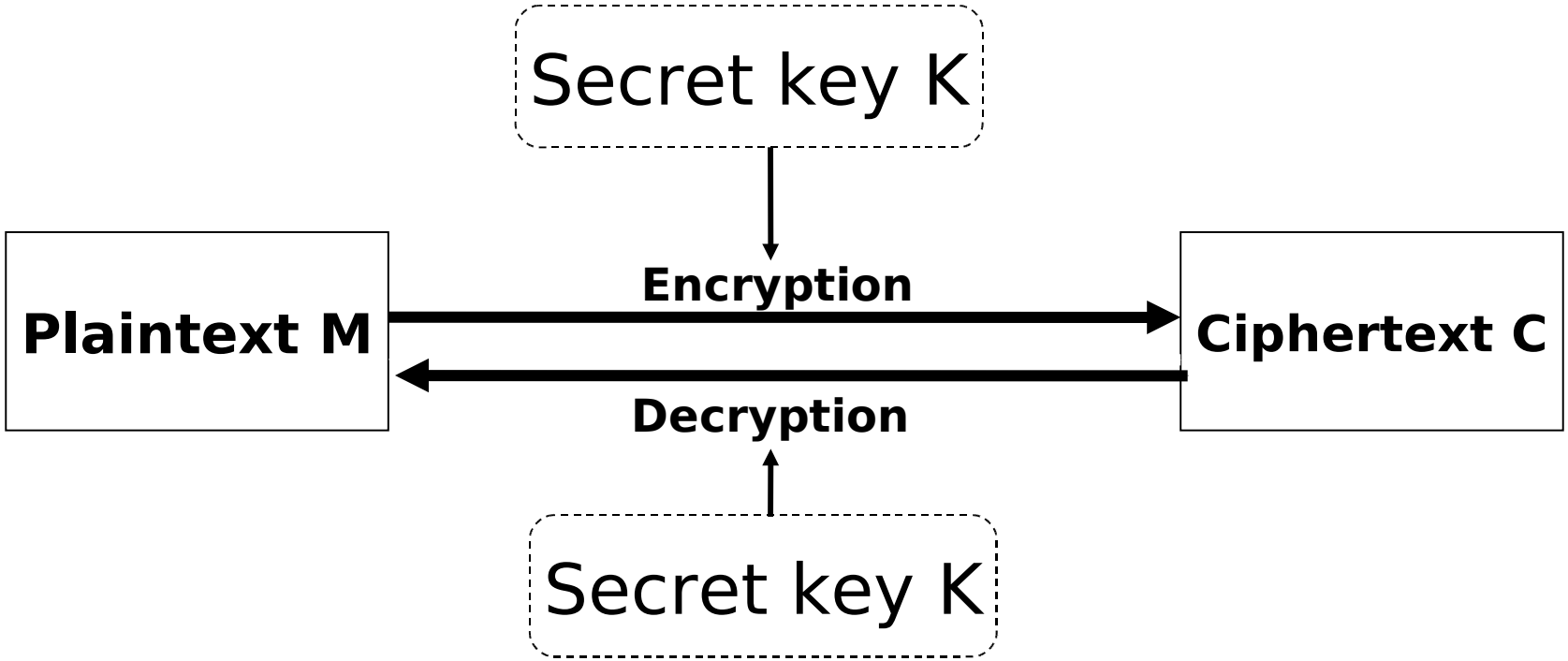
Internet III: „Man-in-the-Middle“



Abwehr: Kryptographie

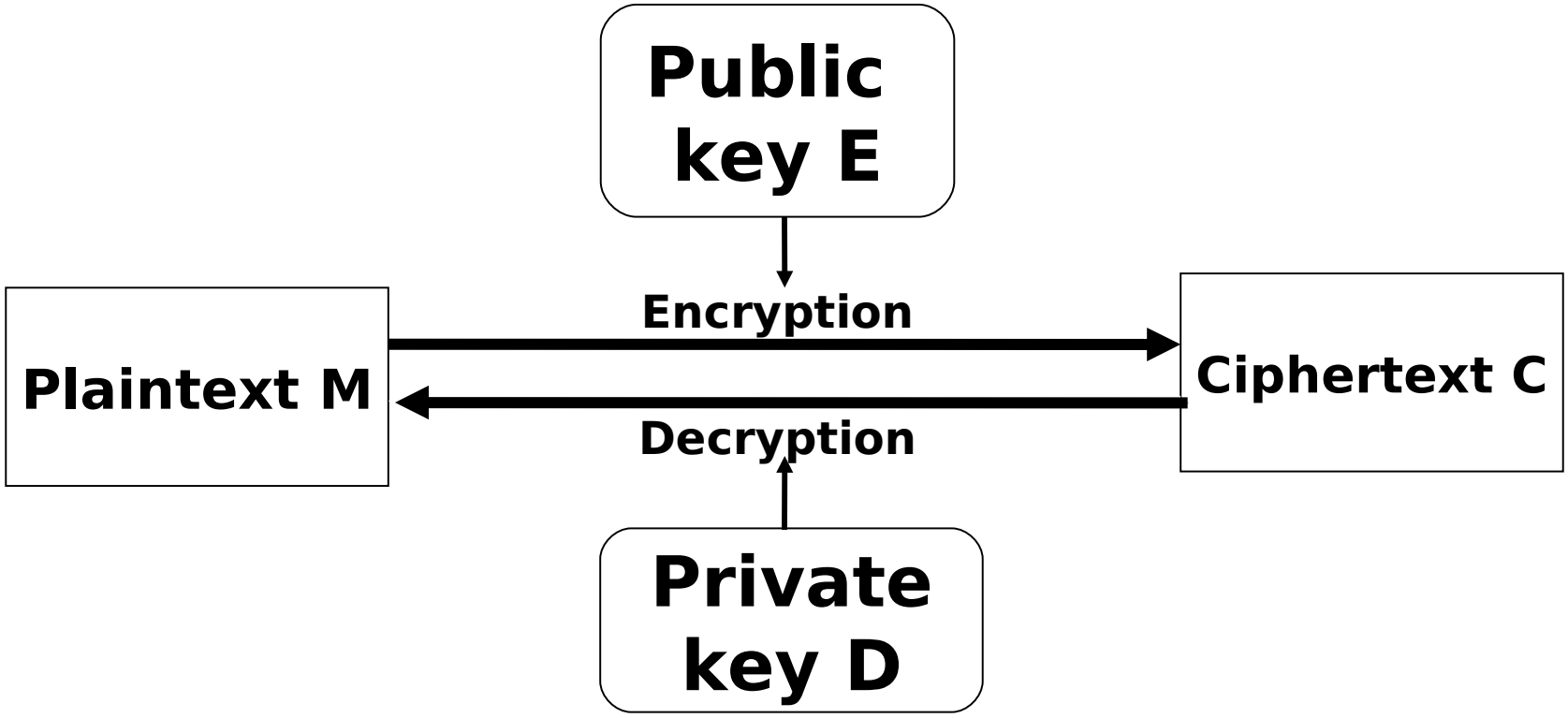


Symmetrische Verschlüsselung



Relations: $C = K(M)$ and $M = K(C)$

Asymmetrische Verschlüsselung



Relations: $C = E(M)$ and $M = D(C)$

Diskussion: Asymm. Verschluesselung

a) Wenn man bedenkt, dass die Menge der möglichen zu verschlüsselnden Texte sehr klein sein kann (z.B. nur die Nachrichten “ja” oder “nein”), welches Problem ergibt sich bei einem deterministischen Public-Key-Verfahren ?

b) Wie kann man das Problem lösen ? (Hinweis: deterministische Abhaengigkeit vom jeweils gegebenen Plaintext verhindern.)

Diskussion: Symm. Verschluesselung

a) Wieder angenommen, man hat ein deterministisches Verschlüsselungsverfahren, der Verschlüsselungsschlüssel bleibt diesmal geheim. Wenn man annimmt, dass der Schlüssel selten gewechselt wird, und dass sich Plaintexte öfters wiederholen, können teilweise Informationen über einen verschlüsselten Text bekannt werden ?

b) Wie kann man das Problem lösen ?

Kryptographische Algorithmen

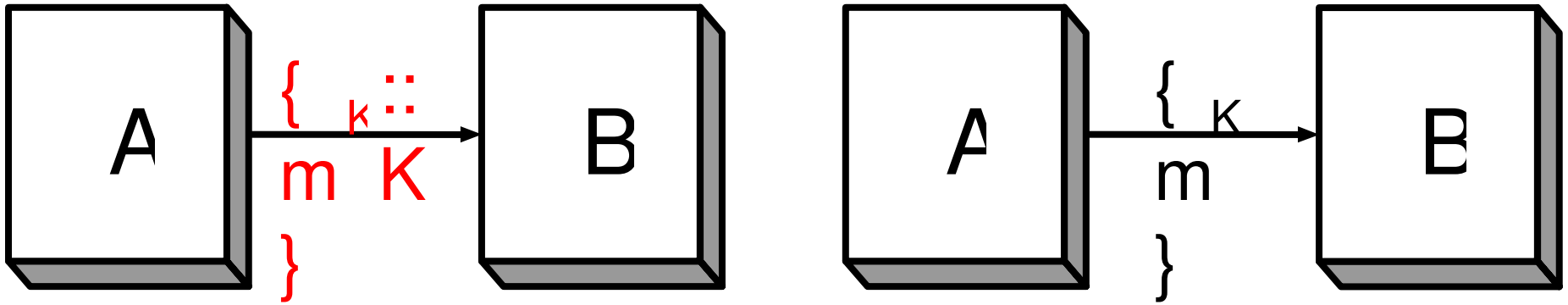
Symmetrisch:

- Digital Encryption Standard (DES), 3DES
- Advanced Encryption Standard (AES): Ryndael 2001

Asymmetrisch:

- RSA (Rivest/Shamir/Adleman): Integer Faktorisierung
- ElGamal: diskreter Logarithmus
- Diffie-Hellman: Sitzungsschlüssel generieren

Symm. Verschlüsselung vs. Vertraulichkeit



Gegen passiven Angreifer: Vertraulichkeit von *m*…

- bei Versenden von $\{m\}_K::K$ nicht bewahrt,
- bei Versenden von $\{m\}_K$ bewahrt

(wobei :: Konkatenation, $\{m\}_K$ Verschlüsselung von *m* mit symmetrischem Schluessel *K*).

Aufgabe 4

Bei Verwendung von symmetrischer Verschluesselung und gegen einen passiven Angreifer: wird die Vertraulichkeit von *m*…

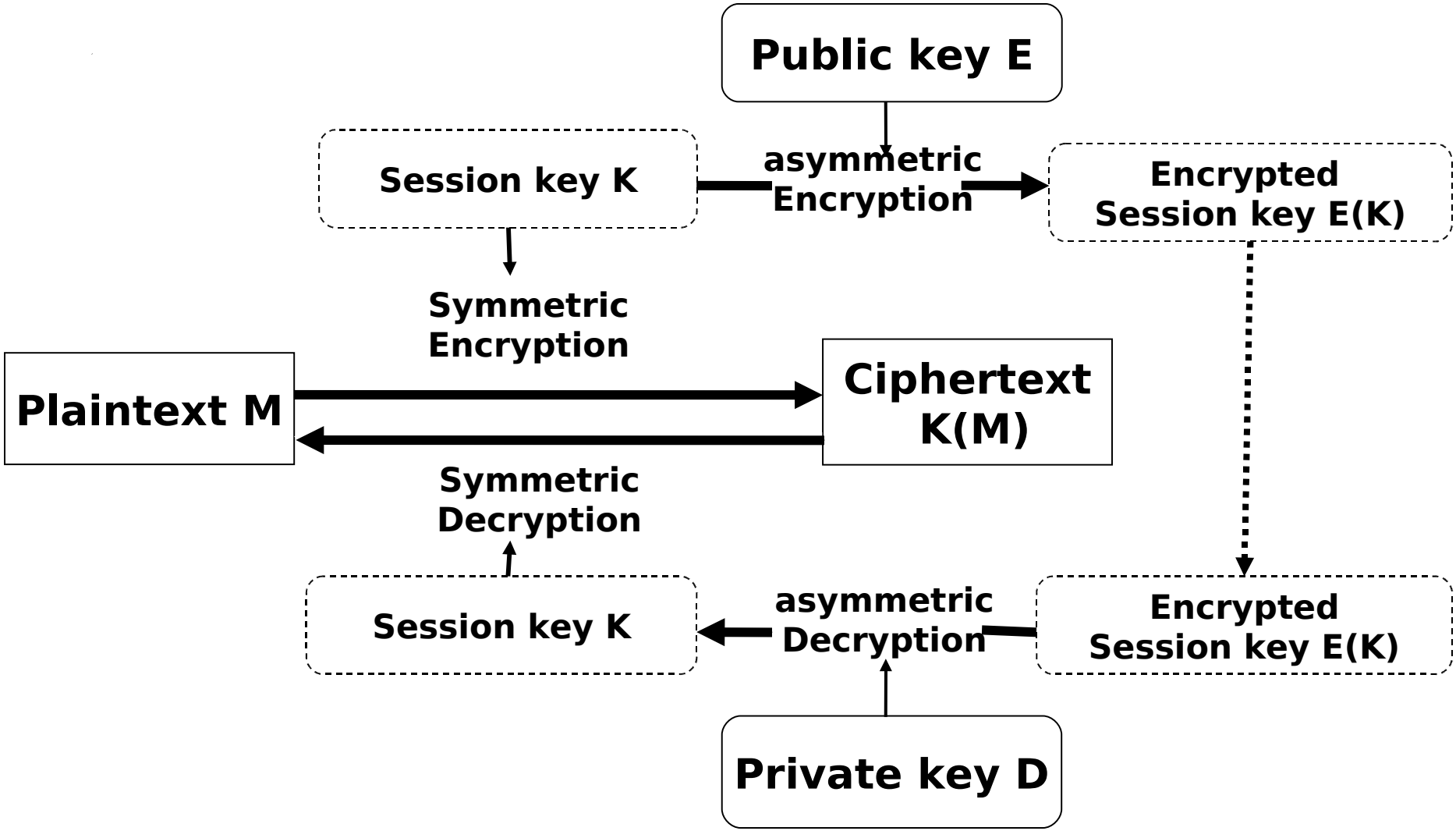
a) bei Versenden von $\{\{m\}_{K1}\}_{K2}::K1$ bewahrt ? [1 P.]

b) bei Versenden von $\{m\}_{K1}::\{m\}_{K2}::K1$ bewahrt ? [1 P.]

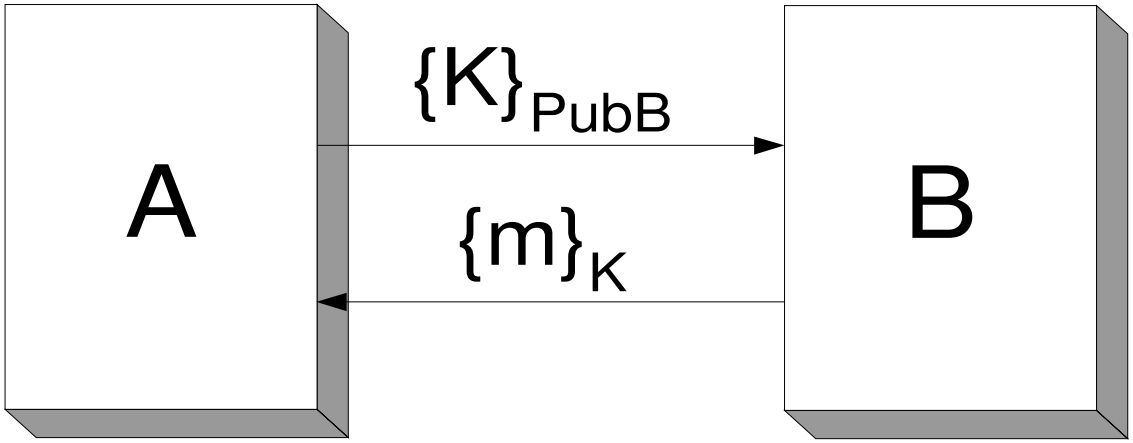
c) bei Versenden von $\{\{m\}_{K1}\}_{K2}::\{K1\}_{K2}$ bewahrt ? [1 P.]

(wenn man annimmt, dass *K1* und *K2* verschiedene Schluessel sind).

Hybride Verschlüsselung



Hybrid vs. Vertraulichkeit

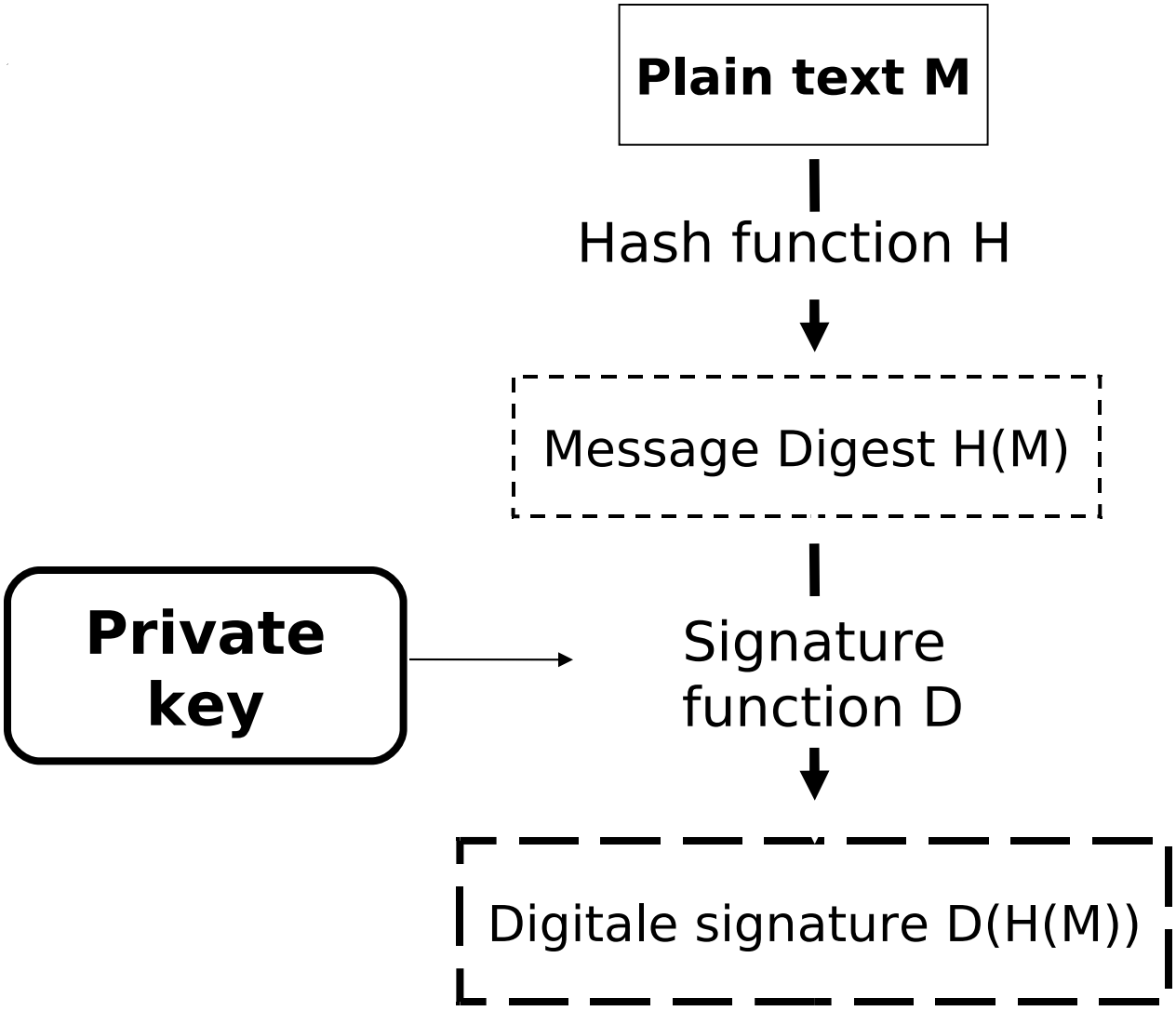


Fuer symmetrischen Schluessel *K* und oeffentlichen (asymm.) Schluessel *PubB*:

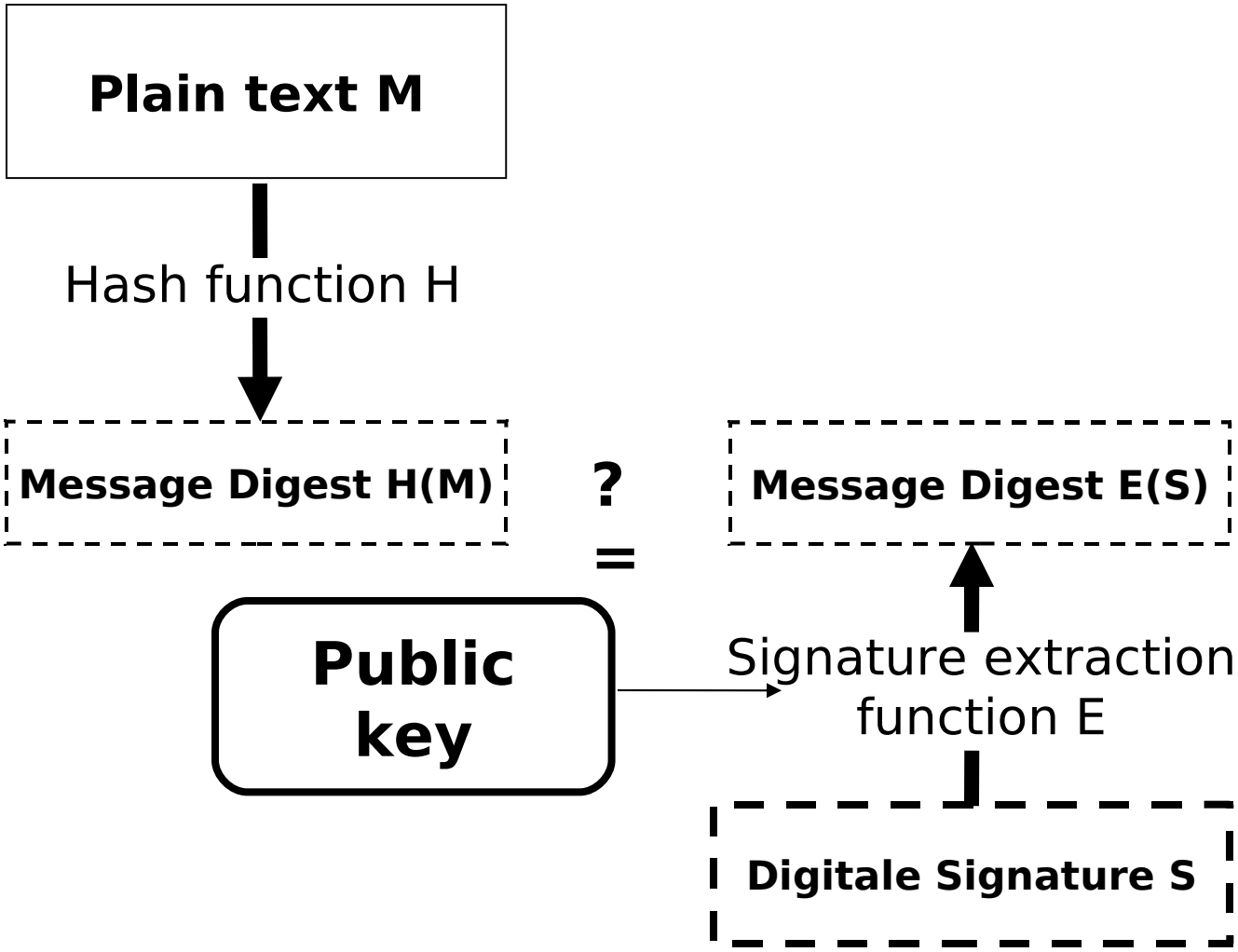
Vertraulichkeit von *m* nicht bewahrt gegen Angreifer der Nachrichten löschen und einfügen kann.

Vertraulichkeit von of *m* bewahrt gegen passiven Angreifer.

Erzeugung digitaler Signaturen



Verifikation digitaler Signaturen



Aufgabe 5

Der RSA-Signaturalgorithmus *D* hat die Homomorphie-Eigenschaft, dass:

$$D(M1::M2)=D(M1)::D(M2)$$

für alle Nachrichten *M1*, *M2*. Wenn man kein Hash verwenden würde – wie könnte dann ein Angreifer den Geldbetrag in der Signatur *D* ("Ich schulde Dir 10 EUR.") auf 100 EUR erhöhen, ohne den Algorithmus brechen zu müssen (wenn Zeichenketten Konkatenationen von Zeichen sind) ? [3 P.]

[Schneier: Angewandte Kryptographie]

Brute Force Angriffe

	Schlüssellänge in Bit					
Kosten ($)	40	56	64	80	112	128
100.000	2 s	35 h	1 J	70.000 J	10^{14} J	10^{19} J
1.000.000	0,2 s	3,5 h	37 T	7.000 J	10^{13} J	10^{18} J
10 Mio	20 ms	21 min	4 T	700 J	10^{12} J	10^{17} J
100 Mio	2 ms	2 min	9 h	70 J	10^{11} J	10^{16} J
1 Mrd	0,2 ms	13 s	1 h	7 J	10^{10} J	10^{15} J
10 Mrd	20 µs	1 s	5,4 min	245 T	10^{9} J	10^{14} J
100 Mrd	2 µs	0,1 s	32 s	24 T	10^{8} J	10^{13} J
10^{12}	0,2 µs	10 ms	3 s	2,4 T	10^{7} J	10^{12} J
10^{13}	20 ns	1 ms	0,3 s	6 h	10^{6} J	10^{11} J

NSA ???

(A-)Symmetrische Schlüssellängen

Vergleichbare Sicherheit von symmetrische und asymmetrischen Schlüssellängen

Schlüssellänge (in Bits)

Symmetrisch	asymmetrisch
56	384
64	512
80	768
112	1792
128	2304

[Schneier: Angewandte Kryptographie]

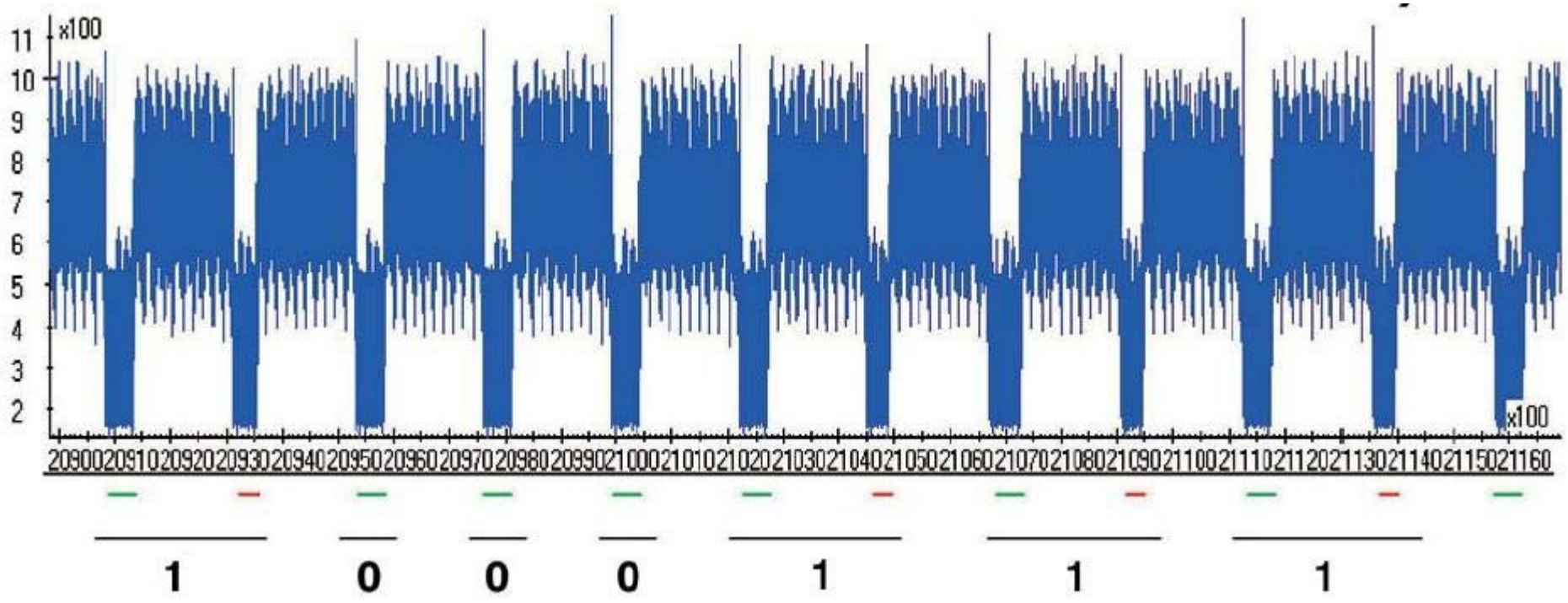
[Schneier: Angewandte Kryptographie]

Schlüssellängen

Informationsart	Lebensdauer	Bits (min.)
militärtaktische Informationen	Min. / Stunden	56 – 64
Produktankündigungen, Firmen-zusammenschlüsse, Zinssätze	Tage / Wochen	64
langfristige Geschäftsplanungen	mehrere Jahre	64
Wirtschaftsgeheimnisse (Coca Cola)	Jahrzehnte	112
geheime Daten zur Wasserstoffbombe	über 40 Jahre	128
Identität von Spionen	über 50 Jahre	128
personenbezogene Daten	über 50 Jahre	128
Geheimdiplomatie	über 65 Jahre	> 128
Daten der US-Volkszählung	100 Jahre	> 128

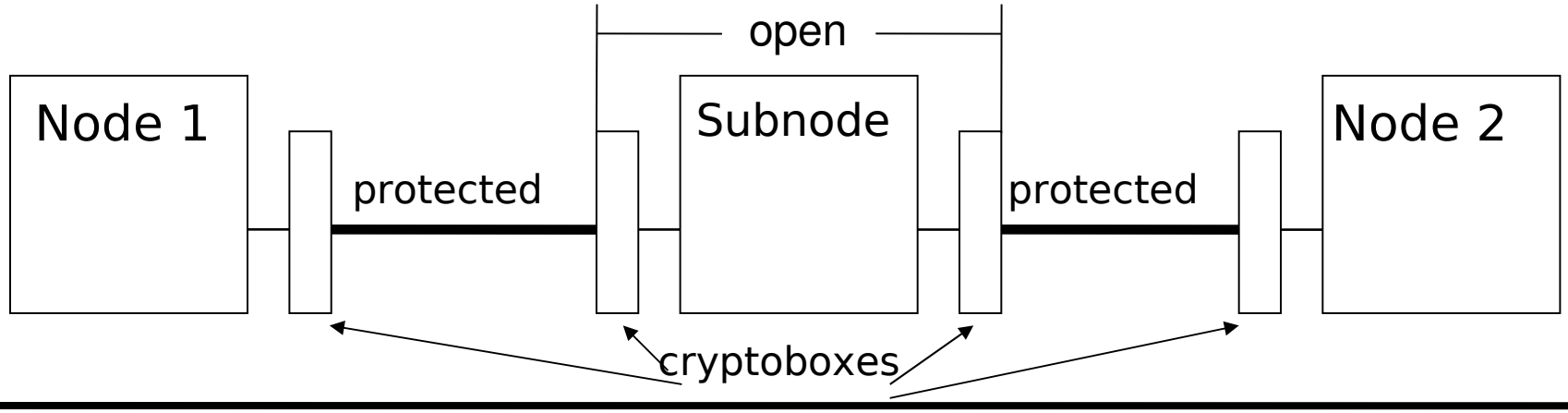
„Side Channel“ Angriffe

Vertrauliche kryptographische Daten rekonstruieren (z.B. externen Stromverbrauch von Smartcard beobachten)



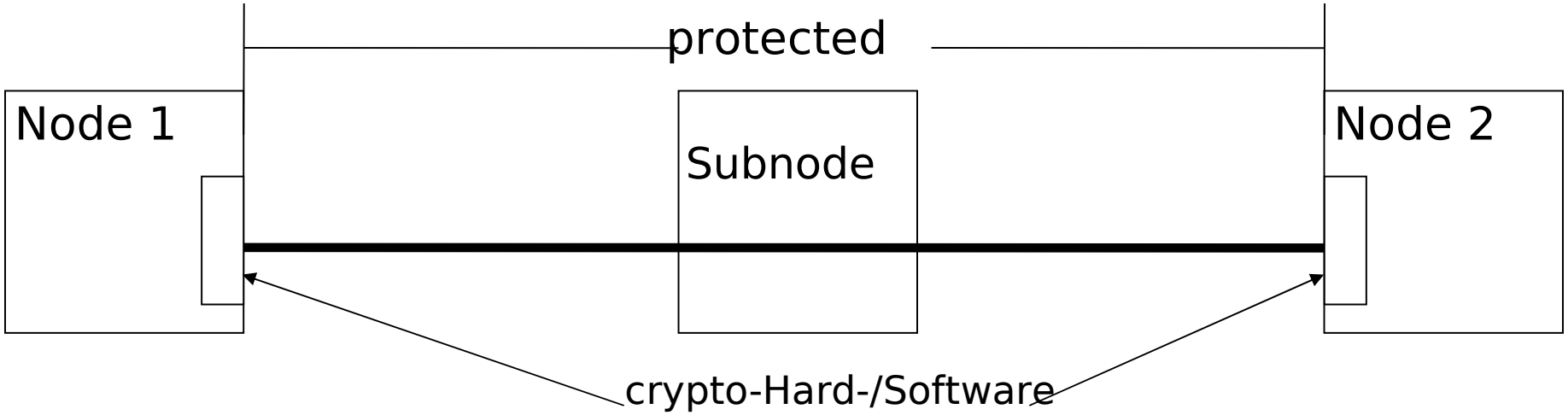
Reichweite der Verschlüsselung I

„Link encryption“
- nur auf Verbindungen verschlüsselt
- einfache Konstruktion
- unterstützt durch Controller-Hardware, transparent für Software
- Daten in Netzwerkknoten als Plaintext.



Reichweite der Verschlüsselung II

„End-to-End-Encryption“
- Daten durchgehend verschlüsselt
- komplexer zu implementieren
- intransparent für Software, separate Behandlung von Adressen und Daten



Cryptool

Freies Programmpaket zum „Erfahren“ von Kryptographie (www.cryptool.de; B. Esslinger (Deutsche Bank), C. Eckert (TUD) et al.).

Kryptoverfahren anwenden und analysieren.

Fast alle State-of-the-Art Kryptofunktionen.

- klassische Verfahren (Cäsar,…) und Analysen (Entropie, gleitende Häufigkeit,…)
- moderne (a-)symmetrische Verfahren (3DES, AES, RSA,…), Analysen
- Signaturen, Zufallszahlen, Hash, MACs,…

Aufgabe 6

Im Cryptool unter

- Hilfe
- Szenarien (Tutorials)
- Angriff auf den Hashwert der digitalen Signatur
- Angriff auf die digitale Signatur

für die dort mitgelieferten Dateien Original.txt und Faelschung.txt mit den voreingestellten Optionen Erweiterungen konstruieren lassen (und als Lösung abgeben), die eine Hash-Kollision darstellen. [3 P.]