Kurze Einführung in kryptographische Grundlagen.

Was ist eigentlich AES,RSA,DH,ELG,DSA,DSS,ECB,CBC

Benjamin.Kellermann@gmx.de

GPG-Fingerprint: D19E 04A8 8895 020A 8DF6 0092 3501 1A32 491A 3D9C
git clone http://www.eigenheimstrasse.de/ben/silc_ta.git

26.10.2007 / SILC Themenabend

Worum geht es?

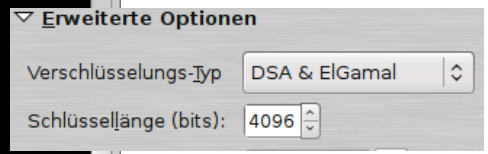
Wissen was dahintersteht!

ben@dud79:~

```
ben@dud79:~% openssl enc --help
unknown option '--help'
options are
-in <file>      input file
-out <file>     output file
-pass <arg>     pass phrase source
-e              encrypt
-d              decrypt
-a/-base64      base64 encode/decode, depending on encryption flag
-k              passphrase is the next argument
-kfile          passphrase is the first line of the file argument
-md             the nex
                  from
-K/-iv          key/iv
-[pP]           print t
-bufsize <n>    buffer
-engine e       use eng
Cipher Types
-aes-128-cbc                -aes-128-cfb                -aes-128-cfb1
-aes-128-cfb8               -aes-128-ecb                -aes-128-ofb
-aes-192-cbc                -aes-192-cfb                -aes-192-cfb1
-aes-192-cfb8               -aes-192-ecb                -aes-192-ofb
-aes-256-cbc                -aes-256-cfb                -aes-256-cfb1
-aes-256-cfb8               -aes-256-ecb                -aes-256-ofb
-aes128                     -aes192                     -aes256
-bf                         -bf-cbc                     -bf-cfb
-bf-ecb                     -bf-ofb                     -blowfish
-cast                       -cast-cbc                   -cast5-cbc
-cast5-cfb                  -cast5-ecb                  -cast5-ofb
-des                        -des-cbc                    -des-cfb
-des-cfb1                   -des-cfb8                   -des-ecb
-des-ede                    -des-ede-cbc                -des-ede-cfb
-des-ede-ofb                -des-ede3                   -des-ede3-cbc
-des-ede3-cfb               -des-ede3-ofb               -des-ofb
-des3                       -desx                       -desx-cbc
-rc2                        -rc2-40-cbc                 -rc2-64-cbc
-rc2-cbc                    -rc2-cfb                    -rc2-ecb
-rc2-ofb                    -rc4                        -rc4-40
ben@dud79:~%
```

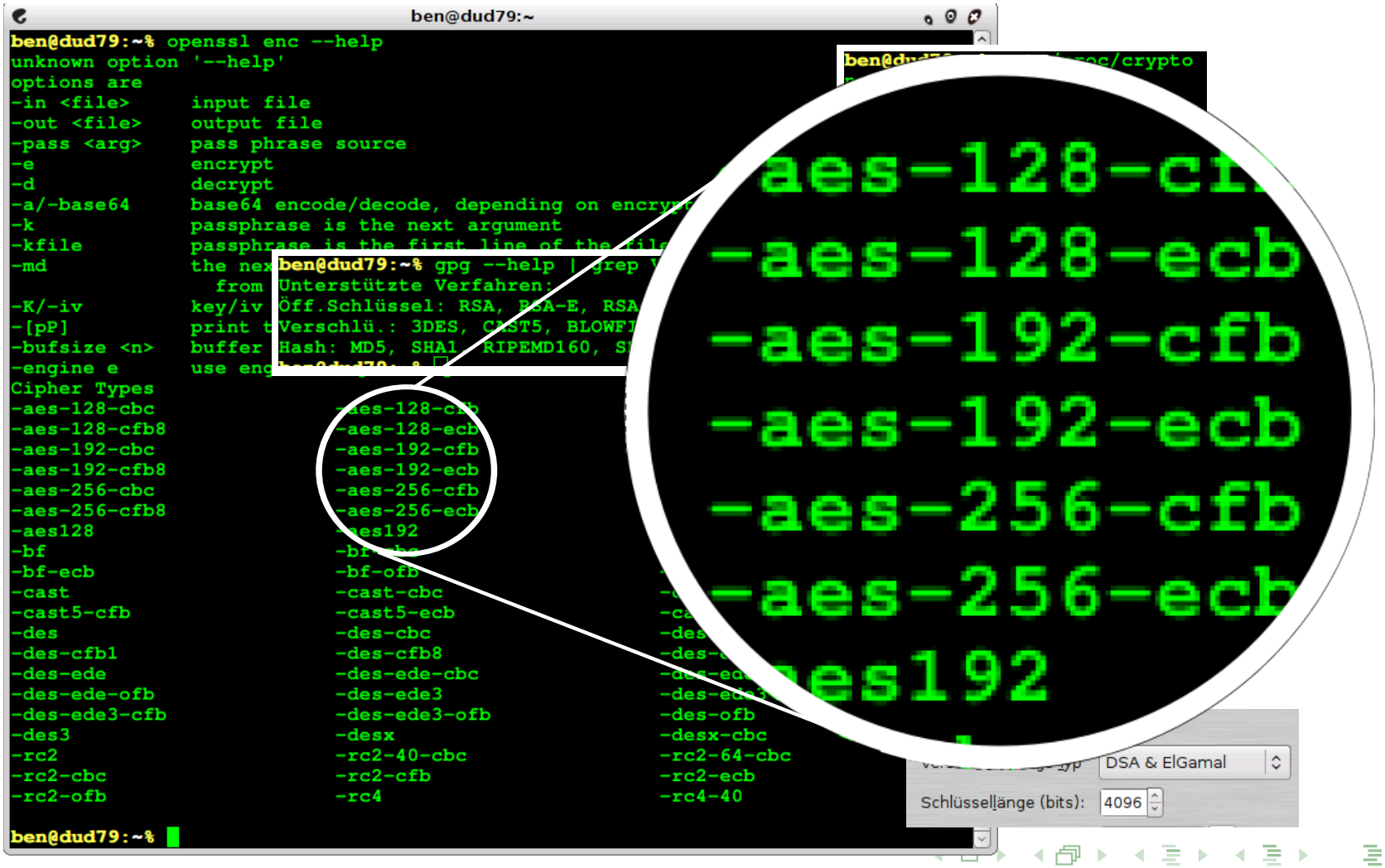
```
ben@dud79:~% cat /proc/crypto
name         : lrw(aes)
driver       : lrw(aes-i586)
module       : lrw
priority     : 200
refcnt       : 3
type         : blkcipher
blocksize    : 16
```

```
ben@dud79:~% gpg --help | grep Verfahren -A 3
Unterstützte Verfahren:
Öff.Schlüssel: RSA, RSA-E, RSA-S, ELG-E, DSA
Verschlü.: 3DES, CAST5, BLOWFISH, AES, AES192, AES256, TWOFISH
Hash: MD5, SHA1, RIPEMD160, SHA256, SHA384, SHA512, SHA224
```



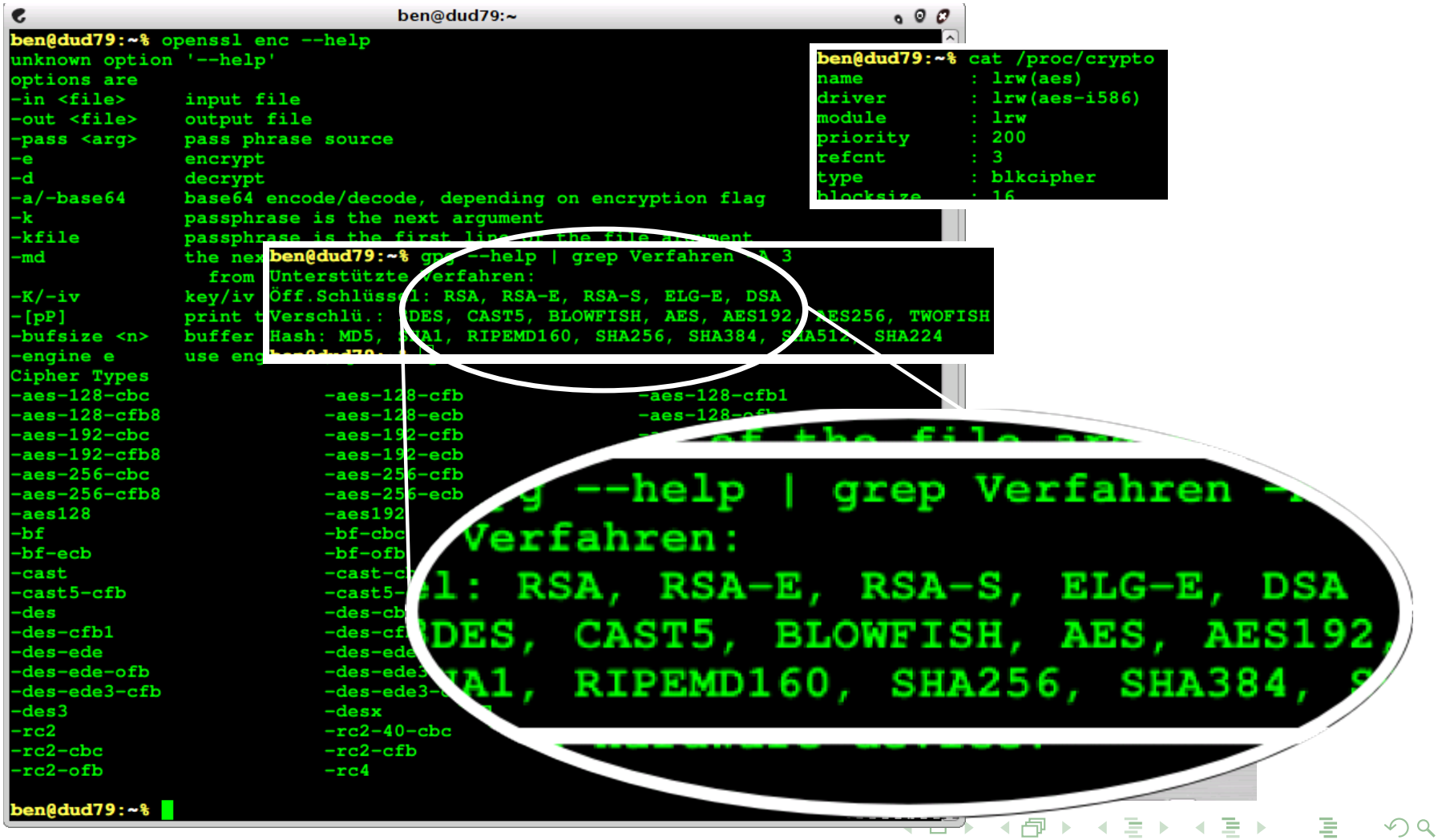
Worum geht es?

Wissen was dahintersteht!



Worum geht es?

Wissen was dahintersteht!



Was schon immer mal gesagt werden musste!

Schlüssel

Was zu beachten ist

- Zufällig
  - Münze werfen, Würfeln
  - Zeit seit Systemstart oder zwischen Anschlägen
  - Benutzer nach seed fragen

Seed = Passwort

- zufällig ist zufällig ist zufällig
  - Passwortgenerator benutzen
- lang genug
  - aufschreiben
  - Passwortmanager benutzen
  - Gedächtnis trainieren

Was schon immer mal gesagt werden musste!

Schlüssel

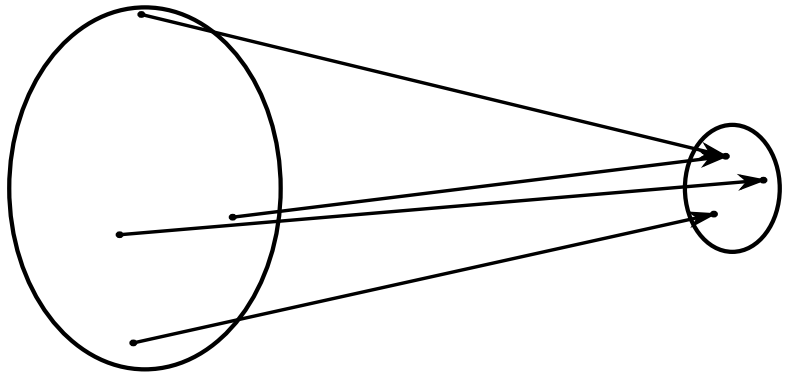
Was zu beachten ist

- Zufällig
  - Münze werfen, Würfeln
  - Zeit seit Systemstart oder zwischen Anschlägen
  - Benutzer nach seed fragen

Seed = Passwort

- zufällig ist zufällig ist zufällig
  - Passwortgenerator benutzen
- lang genug
  - aufschreiben
  - Passwortmanager benutzen
  - Gedächtnis trainieren

Was ist ein Hash?



- Abbildung von großer auf kleine Menge
- nicht umkehrbar
- kollisionsresistent

Wofür brauch ich das überhaupt?

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
mQGiBEcFJrkRBACDnfVuIgwhAGbBCQ5Vn9cu5R2ngY+YmfbcqYgDrJIT0LF0w6u3
IzK0d1seHih5zURjsm0Ks0z38szvbms8IcJoL6LPs04QI8BJmkDS1qZAzXkdtSuV
zF5QdezMczmJHpu4TSVPCrN2PG00D8k57T4llG78ubEhfWAPPNKQWP9nDwCgwgpz
7X7iSOJOWf2j7/exefwPrzED/0ltcZHgotqOBtIdVYWGmScAD2VAi7rFsGq60tIR
171c2fvnG2s/GF9V0HHYH+BSoW88E+0vGaApBzDkoSihEm//yoOi/79+5T+Vm7OF
MANNBhdNhbBWbkLQGUkrghSBoi+DnMWPBg+EFtdW41o4zrRwCmoiQbuA5GR+2n24
dAhCA/9gCsOHNEk+G4lOR65AIBUelZdzRka53fKCkLps48o+zdwPh98juJxE1Oc3
9I7SydZ8cmUvXO6jjocQmRdypZYIvzqLMwIMSFcQ1412T4fz7x99++e52l6J1Ucc
hJ4F6M9IK9BYbRD1BRMVgNfLFbt2TMaT81eDxqrb7j0nUwcWzbQiSGVpbnJpY2gg
SGVpbmUgPEhlaW5yaWNoQGhlaW5lLmRlPohgBBMRAgAgBQJHBSa5AhsDBgsJCAcD
AgQVAggDBBYCAwECHgECF4AACgkQkWvbn7lOZLFTCQCghZpkXjFL9qzqYS4RMWrX
co+BLvsAnAkvHonVK5C+cMY5JtL2/cEI/Tr+
=AgZE
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

Sind beide Schlüssel gleich?

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
mQGiBEcFJm8RBADE3d+8rooGxa6p9EFWLpmjy5Uv8hbL7iime71BvECpBrNMf8h9
+Skvt1Ad37JUGbgOCVvEqbdhqYifdIbTGqCt7UjpLdBHKEqkT+InZvJb3qQzcwDB
1e2rSkiWPyt/xR9pz6oUJ8sPF8V/4M2RQDKB2pNcfncH6qUnZY0CWy1QCwCg39ne
4/kzlv7OVf7lwLY0iATJJBsD/3X5M/MKNuH20Sx1S1mKcVPjcm7ATNuOvJs5DZJ3
qDI873Uk5QiUpsZrYLgm9YqAHSS0hK8mpBUTLizEs12R0/m3SNp/Yfnac1hmxhZI
3DLgTgPTScrr1Qoh9A7N9ZIYr8G5d3JNCr1gU60jIFI2/AzXs0j/L/DxuY7ayNEW
NNnWBACMxFo4lvGZ8IIpMb8gXY0FyAiv7aSNUl7wj9eJDodFmS9tmrP02aX9/zmZ
cw38w0YalXNaVmcHa9ubVow5wbl9gA04gGLuAgnpBQkk2inTIw88X0zMDtCcPZfV
JyD/yts/ML5OcVhQjcOcwu48FTElSBg7soqecnHC+19UC9Kr5bQiSGVpbnJpY2gg
SGVpbmUgPEhlaW5yaWNoQEhlaW5lLmRlPohgBBMRAgAgBQJHBSZvAhsDBgsJCAcD
AgQVAggDBBYCAwECHgECF4AACgkQiZ5hM6LVrV59jQCgz+rXBs+ZJzKQGNgQx2I6
xjgdz4AAnjrnybS8ekLk5JIvBXIrgnM6f2ck
=52iW
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

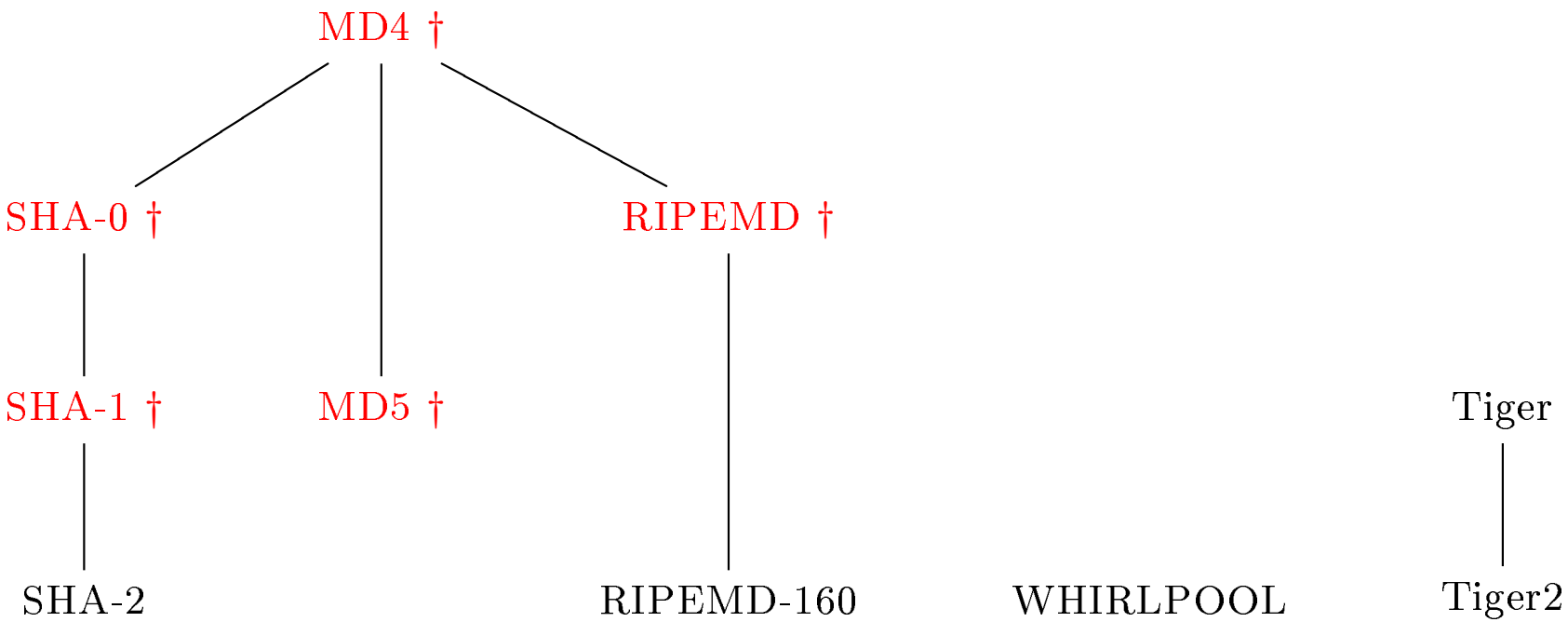
Wofür brauch ich das überhaupt?

Sind beide Schlüssel gleich?

```
B557 3B27 F1D1 1EA6 8BC1  F9C4 899E 6133 A2D5 AD5E
F719 38FB C85E 2B5F 7D86  A106 916B DB9F B94E 64B1
```

- zur Verifikation, ob Daten gleich sind

Überblick über Hashverfahren



2 Arten von Sicherheit

Verschlüsselungsverfahren

- sicherstellen, dass niemand einen Text mitlesen kann

Signaturverfahren

- Absender ist der, für den man ihn hält
- kein Angreifer hat etwas verändert
- einem dritten etwas nachweisen (nur asymmetrisch)

2 Arten von Sicherheit

Verschlüsselungsverfahren

- sicherstellen, dass niemand einen Text mitlesen kann

Signaturverfahren

- Absender ist der, für den man ihn hält
- kein Angreifer hat etwas verändert
- einem dritten etwas nachweisen (nur asymmetrisch)

Wie kann ich etwas signieren?

Symmetrische Authentikation am Beispiel von HMACs

- Nachricht: m; Hashfunktion: $\mathrm{h}(\ldots)$; Zufall: z (Schlüssel)

Alice

- kennt z, m
- berechnet $HMAC = \mathrm{h}(m, z)$

sendet $\rightarrow$ $m, HMAC$

Bob

- kennt z, m
- überprüft Authentizität $(\mathrm{h}(m, z) \stackrel{?}{=} HMAC)$

Marvin

- kennt nur m, kennt z nicht!
- kann ohne Kentniss von z weder Authentizität überprüfen noch Nachricht fälschen ($\mathrm{h}(m', z)$ berechnen)

Wie kann ich etwas signieren?

Symmetrische Authentikation am Beispiel von HMACs

- Nachricht: m; Hashfunktion: $\mathrm{h}(\ldots)$; Zufall: z (Schlüssel)

Alice

- kennt z, m
- berechnet $HMAC = \mathrm{h}(m, z)$

sendet $\rightarrow$ $m, HMAC$

Bob

- kennt z, m
- überprüft Authentizität $(\mathrm{h}(m, z) \stackrel{?}{=} HMAC)$

Marvin

- kennt nur m, kennt z nicht!
- kann ohne Kentniss von z weder Authentizität überprüfen noch Nachricht fälschen ($\mathrm{h}(m', z)$ berechnen)

Wie kann ich etwas signieren?

Symmetrische Authentikation am Beispiel von HMACs

- Nachricht: m; Hashfunktion: $\mathrm{h}(\ldots)$; Zufall: z (Schlüssel)

Alice

- kennt z, m
- berechnet $HMAC = \mathrm{h}(m, z)$

sendet $\longrightarrow$ $m, HMAC$

Bob

- kennt z, m
- überprüft Authentizität $(\mathrm{h}(m, z) \stackrel{?}{=} HMAC)$

Marvin

- kennt nur m, kennt z nicht!
- kann ohne Kentniss von z weder Authentizität überprüfen noch Nachricht fälschen ($\mathrm{h}(m', z)$ berechnen)

Wie kann ich etwas signieren?

Symmetrische Authentikation am Beispiel von HMACs

- Nachricht: m; Hashfunktion: $\mathrm{h}(\ldots)$; Zufall: z (Schlüssel)

Alice

- kennt z, m
- berechnet $HMAC = \mathrm{h}(m, z)$

sendet
$\rightarrow$
$m, HMAC$

Bob

- kennt z, m
- überprüft Authentizität $(\mathrm{h}(m, z) \stackrel{?}{=} HMAC)$

Marvin

- kennt nur m, kennt z nicht!
- kann ohne Kentniss von z weder Authentizität überprüfen noch Nachricht fälschen ($\mathrm{h}(m', z)$ berechnen)

Wie kann ich etwas signieren?

Symmetrische Authentikation am Beispiel von HMACs

- Nachricht: m; Hashfunktion: $\mathrm{h}(\ldots)$; Zufall: z (Schlüssel)

Alice

- kennt z, m
- berechnet $HMAC = \mathrm{h}(m, z)$

sendet
$\longrightarrow$
$m, HMAC$

Bob

- kennt z, m
- überprüft Authentizität $(\mathrm{h}(m, z) \stackrel{?}{=} HMAC)$

Marvin

- kennt nur m, kennt z nicht!
- kann ohne Kentniss von z weder Authentizität überprüfen noch Nachricht fälschen ($\mathrm{h}(m', z)$ berechnen)

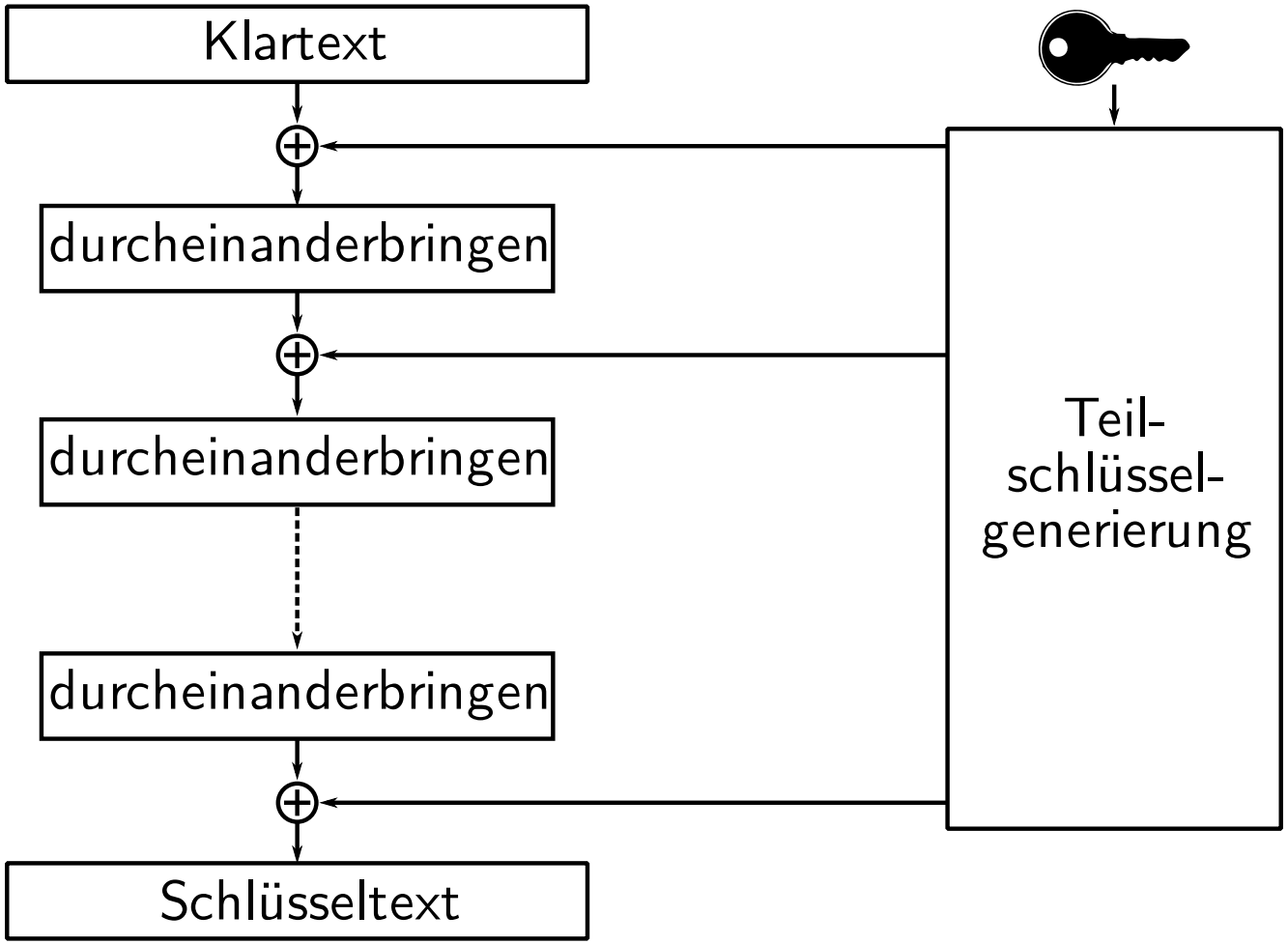
Wie kann ich überhaupt verschlüsseln?

symmetrische Kryptographie am Beispiel von Viginère-Chiffre

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

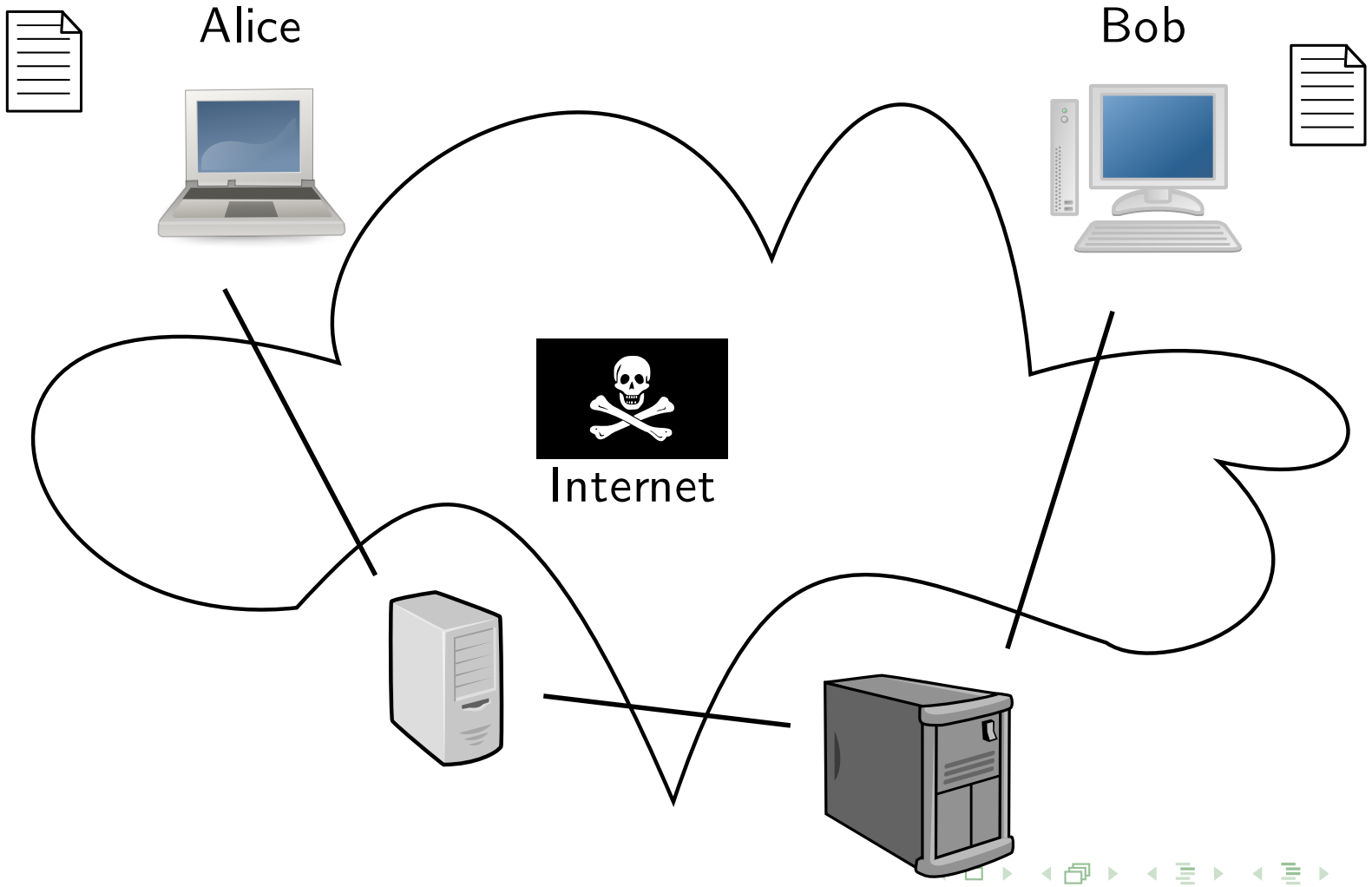
Nachricht		HALLO		7	0	11	11	14
Schlüssel	+	BGXWT	$+_{26}$	1	6	23	22	19
Schlüsseltext		JHJII		8	6	8	7	7
Schlüssel	-	BGXWT	$-_{26}$	1	6	23	22	19
Nachricht		HALLO		7	0	11	11	14

AES (Advanced Encryption Standard)



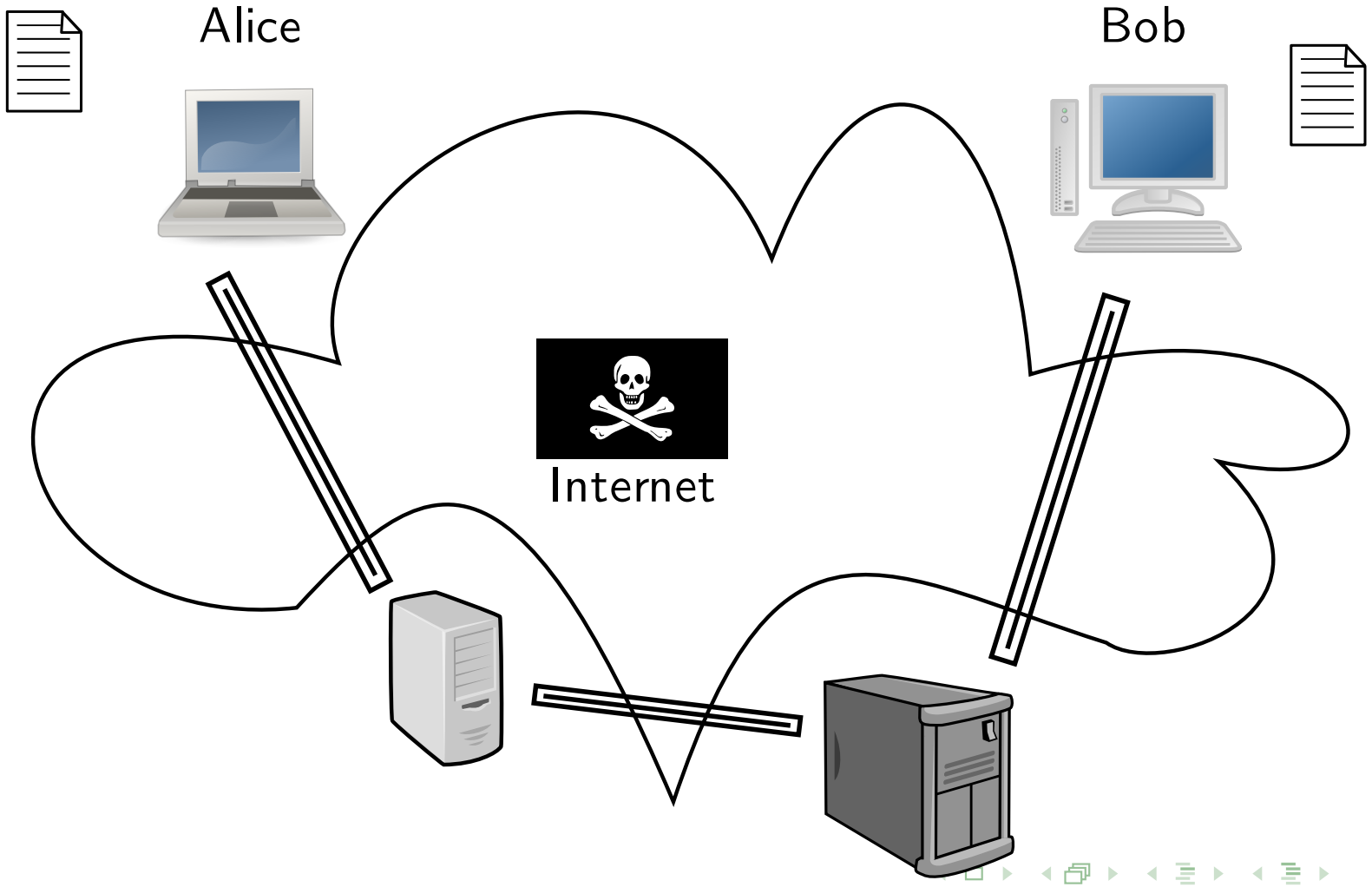
Was muss verschlüsselt werden?

Verbindungsverschlüsselung vs. Ende-zu-Ende-Verschlüsselung



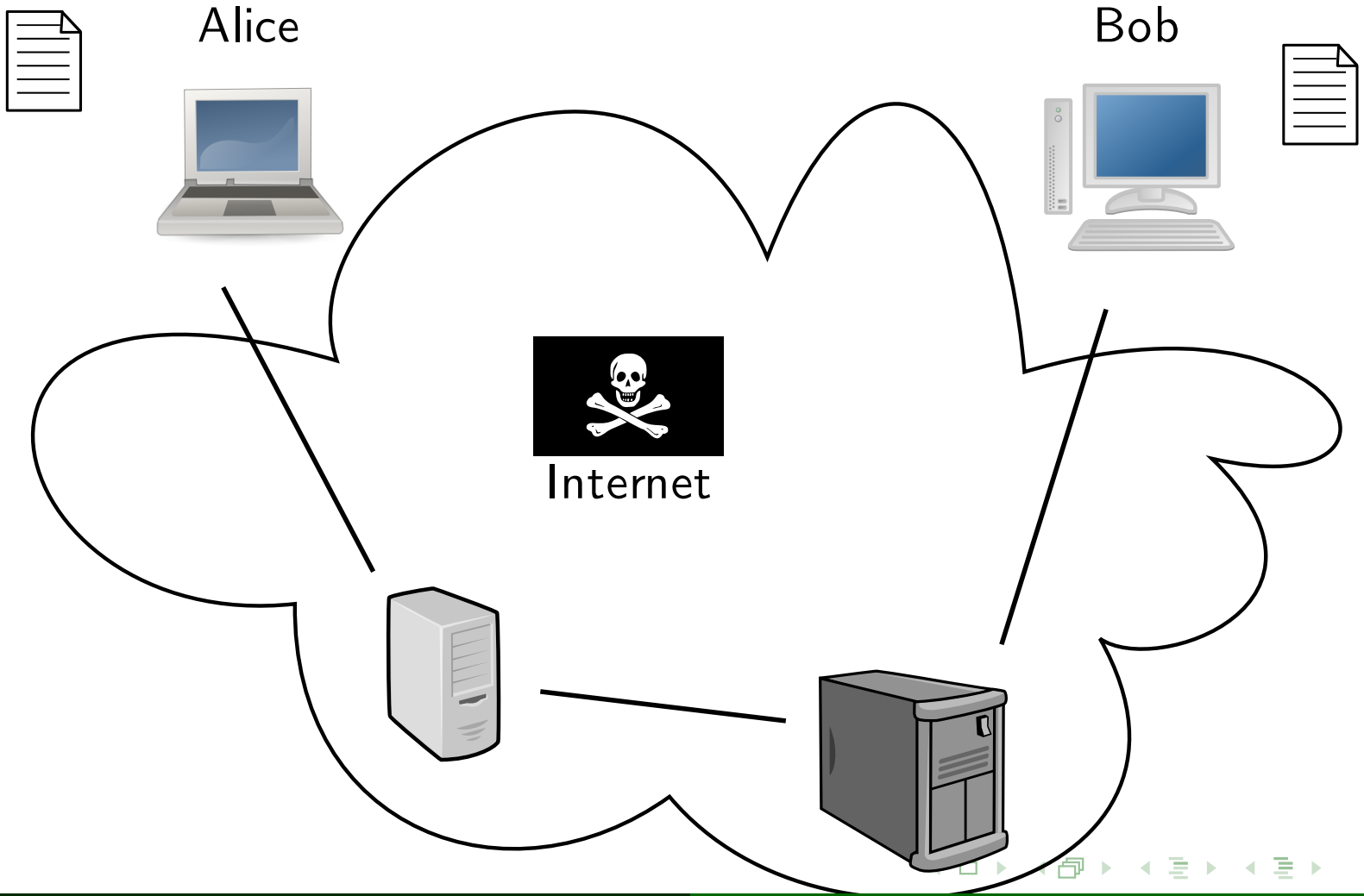
Was muss verschlüsselt werden?

Verbindungsverschlüsselung vs. Ende-zu-Ende-Verschlüsselung



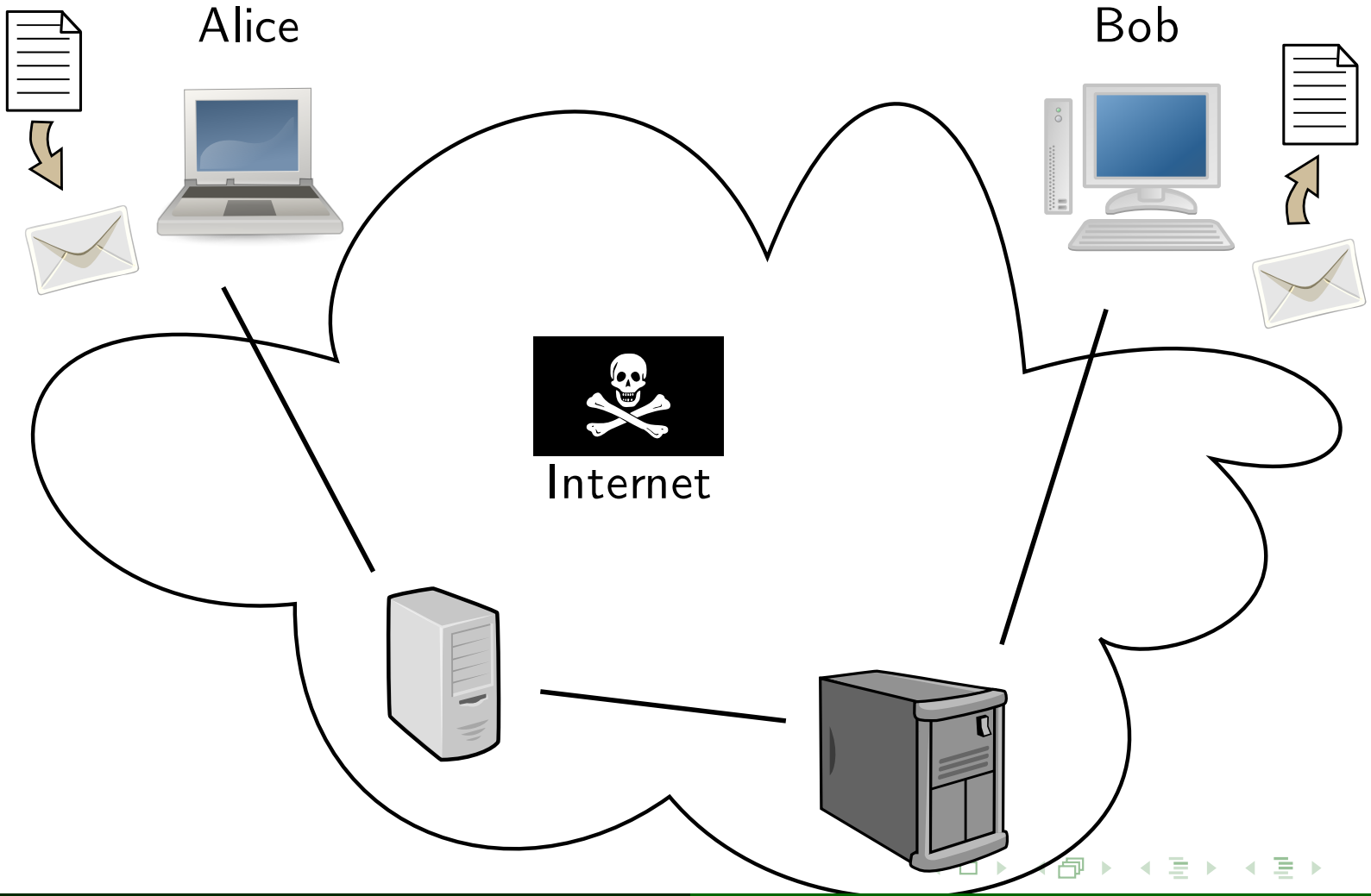
Was muss verschlüsselt werden?

Verbindungsverschlüsselung vs. Ende-zu-Ende-Verschlüsselung



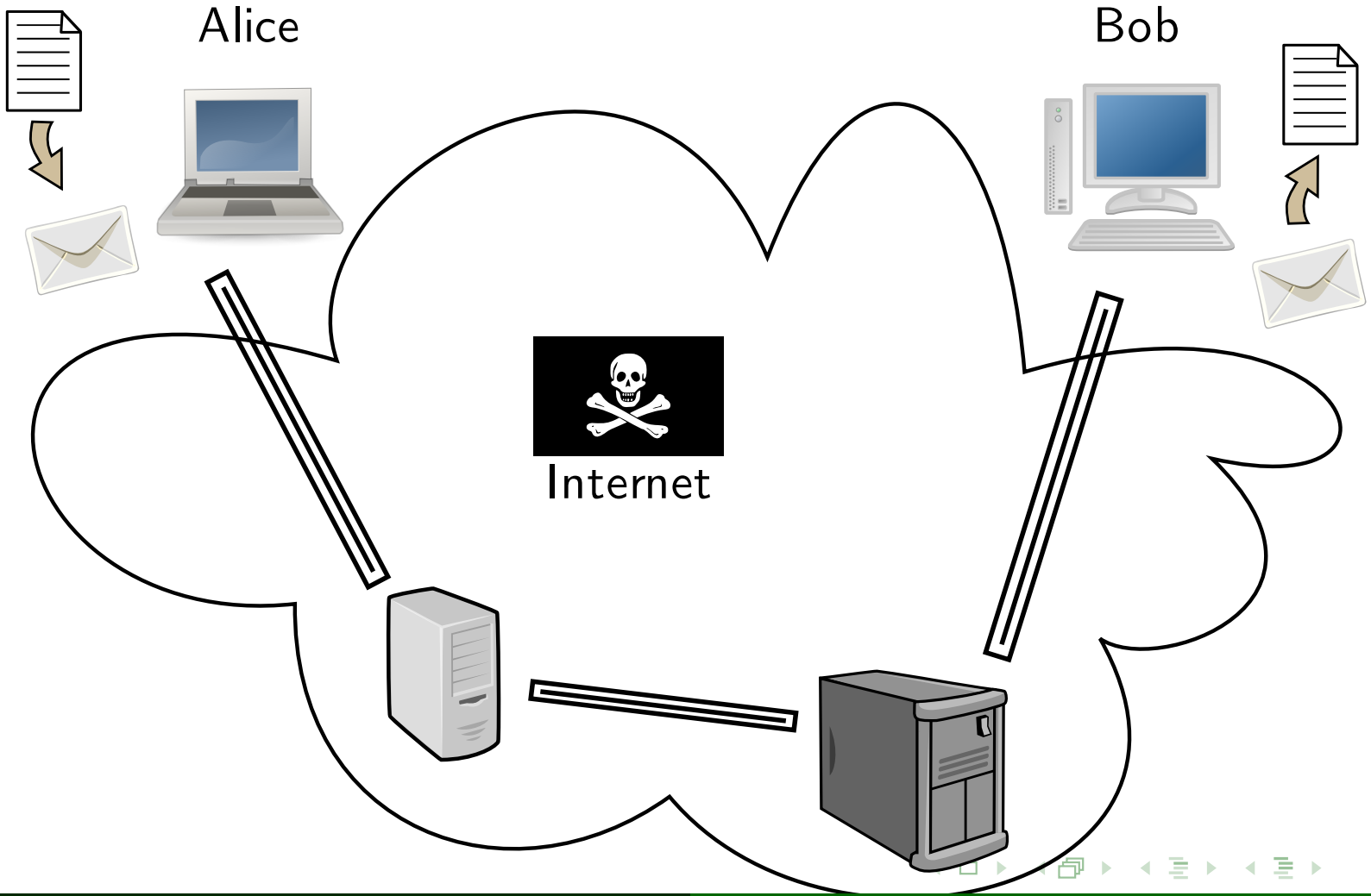
Was muss verschlüsselt werden?

Verbindungsverschlüsselung vs. Ende-zu-Ende-Verschlüsselung



Was muss verschlüsselt werden?

Verbindungsverschlüsselung vs. Ende-zu-Ende-Verschlüsselung



Symmetrische Verfahren im Überblick

Algorithmus	Anmerkung
DES	gebrochen
RC2	gebrochen
RC4, ARC4, ARCFOUR	gebrochen
IDEA	patentiert
3DES	/* no comment */
Blowfish	Vorgänger von Twofish
RC6	in AES-Endrunde
MARS	in AES-Endrunde
Twofish	in AES-Endrunde
Serpent	in AES-Endrunde
AES, Rijndael	wohluntersucht

Nachteile Symmetrischer Verfahren

- Schlüsselaustausch sehr unpraktikabel
- bei vielen Teilnehmern werden viele Schlüsselpaare benötigt

RSA

bekanntestes und wohluntersuchtestes asymmetrisches Kryptographieverfahren

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q$ (p, q sind große zufällige Primzahlen)
- c mit $\mathrm{ggT}(c, (p-1) \cdot (q-1)) = 1$
- $d = c^{-1} \bmod (p-1) \cdot (q-1)$

öffentlich

- n, c

geheim

- d

verschlüsseln

- $m \ldots$ Nachricht
- $x = m^c \bmod n$

entschlüsseln

- $m = x^d = (m^c)^d \bmod n$

RSA

bekanntestes und wohluntersuchtestes asymmetrisches Kryptographieverfahren

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q$ (p, q sind große zufällige Primzahlen)
- c mit $\mathrm{ggT}(c, (p-1) \cdot (q-1)) = 1$
- $d = c^{-1} \bmod (p-1) \cdot (q-1)$

öffentlich

- n, c

geheim

- d

verschlüsseln

- $m \ldots$ Nachricht
- $x = m^c \bmod n$

entschlüsseln

- $m = x^d = (m^c)^d \bmod n$

RSA

bekanntestes und wohluntersuchtestes asymmetrisches Kryptographieverfahren

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q$ (p, q sind große zufällige Primzahlen)
- c mit $\mathrm{ggT}(c, (p-1) \cdot (q-1)) = 1$
- $d = c^{-1} \bmod (p-1) \cdot (q-1)$

öffentlich

- n, c

geheim

- d

verschlüsseln

- $m \ldots$ Nachricht
- $x = m^c \bmod n$

entschlüsseln

- $m = x^d = (m^c)^d \bmod n$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln ($m = 31$)

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv \left((-2)^3\right)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot \left((-2)^5\right)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln ($m = 31$)

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv ((-2)^3)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot ((-2)^5)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln $(m = 31)$

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv \left((-2)^3\right)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot \left((-2)^5\right)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln ($m = 31$)

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv \left((-2)^3\right)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot \left((-2)^5\right)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln ($m = 31$)

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv \left((-2)^3\right)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot \left((-2)^5\right)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

RSA
Beispiel

Schlüsselgenerierung

- $n = p \cdot q = 3 \cdot 11 = 33$
- $c = 3$ mit $\mathrm{ggT}(3, 2 \cdot 10) = 1$
- $d = 7 = 3^{-1} \bmod 20$ $(3 \cdot 7 = 21 = 1 \bmod 20)$

verschlüsseln ($m = 31$)

$$\begin{aligned} x &= 31^3 && \bmod 33 \\ &= (-2)^3 && \bmod 33 \\ &= -8 && \bmod 33 \\ &= 25 \end{aligned}$$

entschlüsseln

$$\begin{aligned} m &\equiv 25^7 \equiv (-8)^7 \equiv \left((-2)^3\right)^7 \\ &\equiv (-2)^{21} \equiv -2 \cdot (-2)^{20} \\ &\equiv -2 \cdot \left((-2)^5\right)^4 \equiv -2 \cdot (-32)^4 \\ &\equiv -2 \cdot 1^4 \equiv 31 \end{aligned}$$

Diffie Hellmann

Diskrete-Logarithmus-Annahme

- $h = g^x \bmod p$
- Trotz Kenntnis von h, g, p ist x schwer zu berechnen!

Alice	öffentlich	Bob
Zufall: z_A	Primzahl: p, Generator: g	Zufall: z_B
	$g^{z_A} \bmod p \quad \leftrightarrows \quad g^{z_B} \bmod p$	
$(g^{z_B})^{z_A} \bmod p$		$(g^{z_A})^{z_B} \bmod p$

Diffie Hellmann

Diskrete-Logarithmus-Annahme

- $h = g^x \bmod p$
- Trotz Kenntnis von h, g, p ist x schwer zu berechnen!

Alice	öffentlich	Bob
Zufall: z_A	Primzahl: p, Generator: g	Zufall: z_B
	$g^{z_A} \bmod p \quad \leftrightarrows \quad g^{z_B} \bmod p$	
$(g^{z_B})^{z_A} \bmod p$		$(g^{z_A})^{z_B} \bmod p$

Diffie Hellmann

Diskrete-Logarithmus-Annahme

- $h = g^x \bmod p$
- Trotz Kenntnis von h, g, p ist x schwer zu berechnen!

Alice	öffentlich	Bob
Zufall: z_A	Primzahl: p, Generator: g	Zufall: z_B
	$g^{z_A} \bmod p \quad \leftrightarrows \quad g^{z_B} \bmod p$	
$(g^{z_B})^{z_A} \bmod p$		$(g^{z_A})^{z_B} \bmod p$

Diffie Hellmann

Diskrete-Logarithmus-Annahme

- $h = g^x \bmod p$
- Trotz Kenntnis von h, g, p ist x schwer zu berechnen!

Alice	öffentlich	Bob
Zufall: z_A	Primzahl: p, Generator: g	Zufall: z_B
	$g^{z_A} \bmod p \quad \leftrightarrows \quad g^{z_B} \bmod p$	
$(g^{z_B})^{z_A} \bmod p$		$(g^{z_A})^{z_B} \bmod p$

Elgamal

geheimer Schlüssel

- Zufall: z_A

öffentlicher Schlüssel

- g, p, g^{z_A}

Nachricht verschlüsseln

- Zufall z_B wählen
- Nachricht mit $g^{z_A \cdot z_B}$ verschlüsseln
- $g^{z_B} \mod p$ zusammen mit verschlüsselter Nachricht verschicken

Elgamal

geheimer Schlüssel

- Zufall: z_A

öffentlicher Schlüssel

- g, p, g^{z_A}

Nachricht verschlüsseln

- Zufall z_B wählen
- Nachricht mit $g^{z_A \cdot z_B}$ verschlüsseln
- $g^{z_B} \mod p$ zusammen mit verschlüsselter Nachricht verschicken

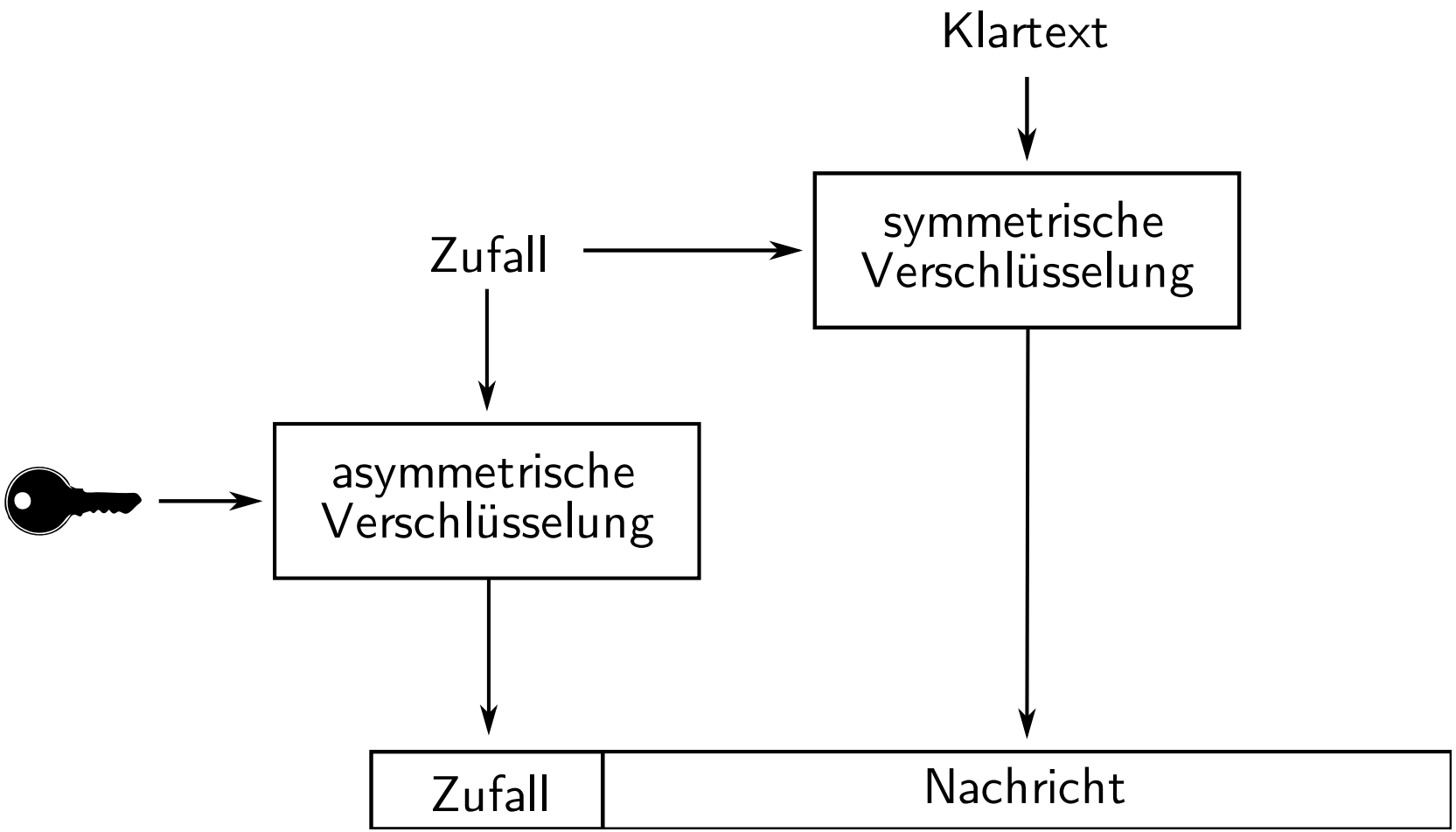
Asymmetrische Verfahren im Überblick

- RSA
- ELG/Elgamal (DSA/DSS)
- Kryptosysteme auf Basis elliptischer Kurven

asymmetrisch vs. symmetrisch

	asymmetrisch	symmetrisch
Schlüsselaustausch	gut	schlecht
Performance	schlecht	gut

die Vorteile beider nutzen



Betriebsmodi

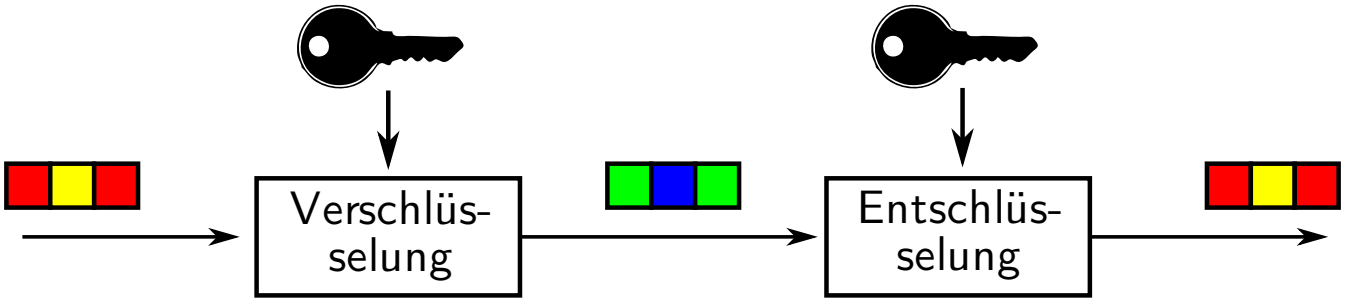
Wozu?

- Verfahren brauchen feste Blöcke
- Länge von Nachrichten nicht vorhersagbar

Beispiel

- Nachricht „5 ist Quersumme von 23!“ besteht aus 23 chars $\rightarrow$ 8-Bit kodiert $\rightarrow 23 \cdot 8 = 184$ Bit
- Verschlüsselung mit AES benötigt Blockgröße von 128, 192 oder 256 Bit.

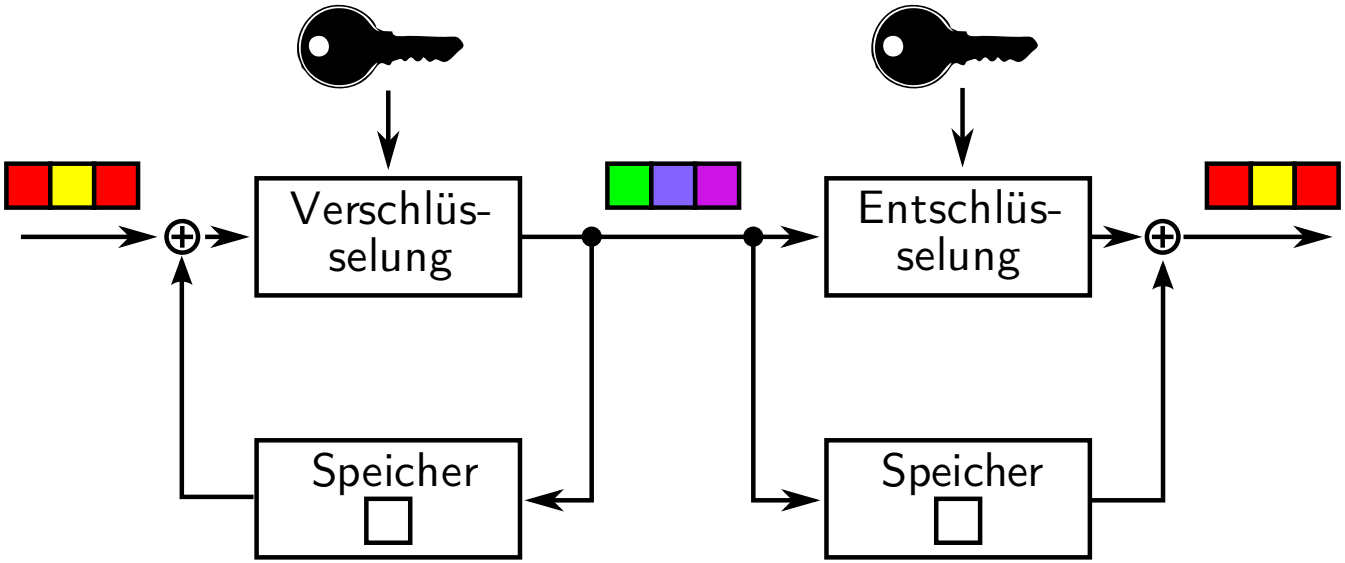
ECB (Electronic Code Book)



Nachteil

- gleiche Blöcke sehen gleich aus

CBC (Cipher Block Chaining)



Vorteil

- gleiche Blöcke sehen unterschiedlich aus

Weitere Betriebsmodi

- ECB (Electronic Codebook)
- CBC (Codebook Chaining)
- CTR (CBC im Counter Mode)
- CBCR (Channel Byte Count Register)
- OFB (Output Feedback)
- CFB (Cipher Feedback)
- LRW (Liskov-Rivest-Wagner)

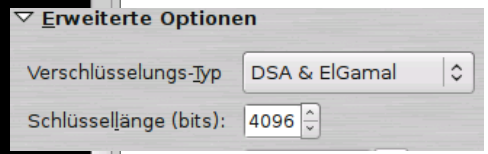
Worum geht es?

Wissen was dahintersteht!

```
ben@dud79:~
ben@dud79:~% openssl enc --help
unknown option '--help'
options are
-in <file>      input file
-out <file>     output file
-pass <arg>     pass phrase source
-e              encrypt
-d              decrypt
-a/-base64      base64 encode/decode, depending on encryption flag
-k              passphrase is the next argument
-kfile          passphrase is the first line of the file argument
-md             the nex
                  from
-K/-iv          key/iv
-[pP]           print t
-bufsize <n>    buffer
-engine e       use eng
Cipher Types
-aes-128-cbc                -aes-128-cfb                -aes-128-cfb1
-aes-128-cfb8               -aes-128-ecb                -aes-128-ofb
-aes-192-cbc                -aes-192-cfb                -aes-192-cfb1
-aes-192-cfb8               -aes-192-ecb                -aes-192-ofb
-aes-256-cbc                -aes-256-cfb                -aes-256-cfb1
-aes-256-cfb8               -aes-256-ecb                -aes-256-ofb
-aes128                     -aes192                     -aes256
-bf                         -bf-cbc                     -bf-cfb
-bf-ecb                     -bf-ofb                     -blowfish
-cast                       -cast-cbc                   -cast5-cbc
-cast5-cfb                  -cast5-ecb                  -cast5-ofb
-des                        -des-cbc                    -des-cfb
-des-cfb1                   -des-cfb8                   -des-ecb
-des-ede                    -des-ede-cbc                -des-ede-cfb
-des-ede-ofb                -des-ede3                   -des-ede3-cbc
-des-ede3-cfb               -des-ede3-ofb               -des-ofb
-des3                       -desx                       -desx-cbc
-rc2                        -rc2-40-cbc                 -rc2-64-cbc
-rc2-cbc                    -rc2-cfb                    -rc2-ecb
-rc2-ofb                    -rc4                        -rc4-40
ben@dud79:~%
```

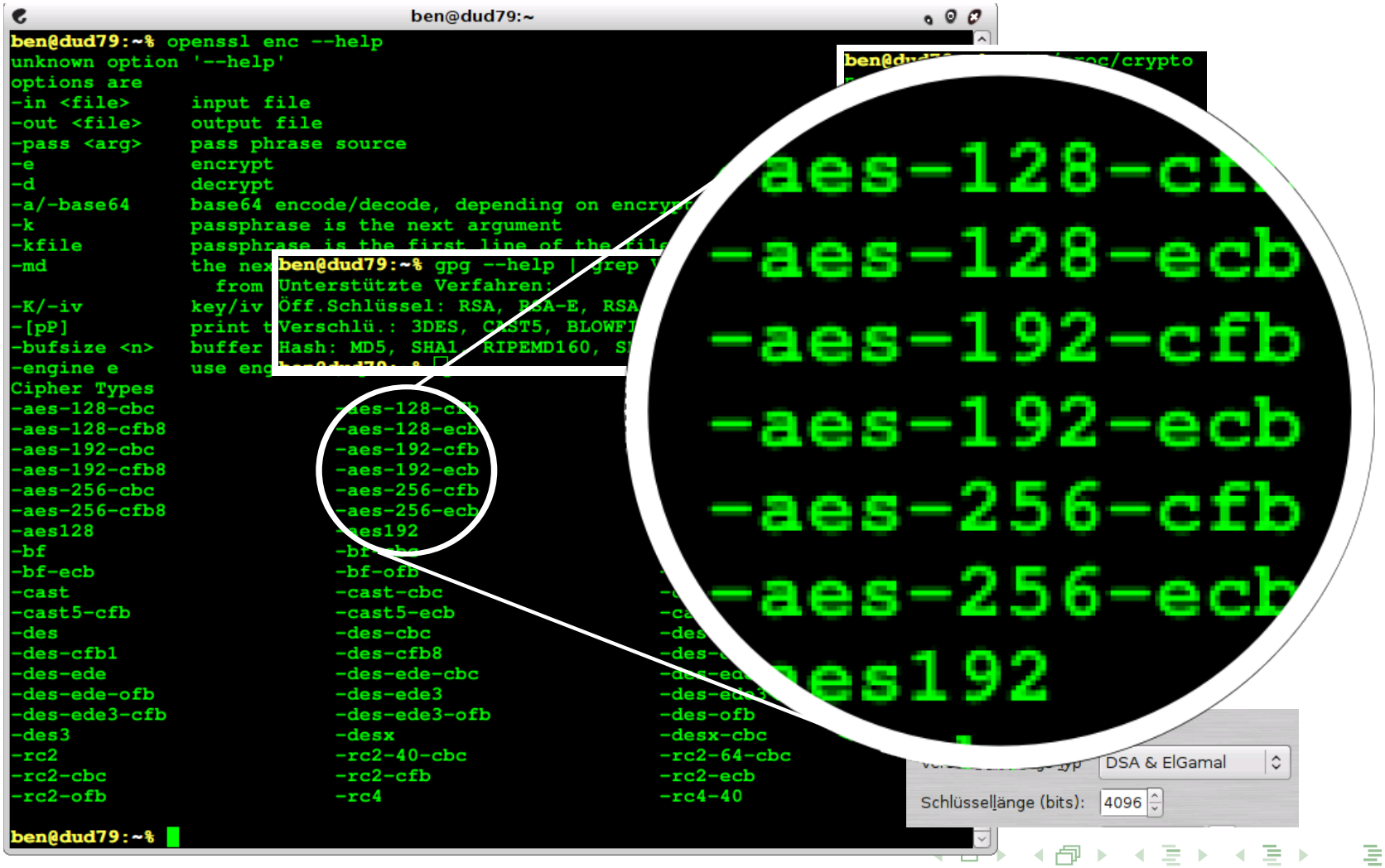
```
ben@dud79:~% cat /proc/crypto
name         : lrw(aes)
driver       : lrw(aes-i586)
module       : lrw
priority     : 200
refcnt       : 3
type         : blkcipher
blocksize    : 16
```

```
ben@dud79:~% gpg --help | grep Verfahren -A 3
Unterstützte Verfahren:
Öff.Schlüssel: RSA, RSA-E, RSA-S, ELG-E, DSA
Verschlü.: 3DES, CAST5, BLOWFISH, AES, AES192, AES256, TWOFISH
Hash: MD5, SHA1, RIPEMD160, SHA256, SHA384, SHA512, SHA224
```



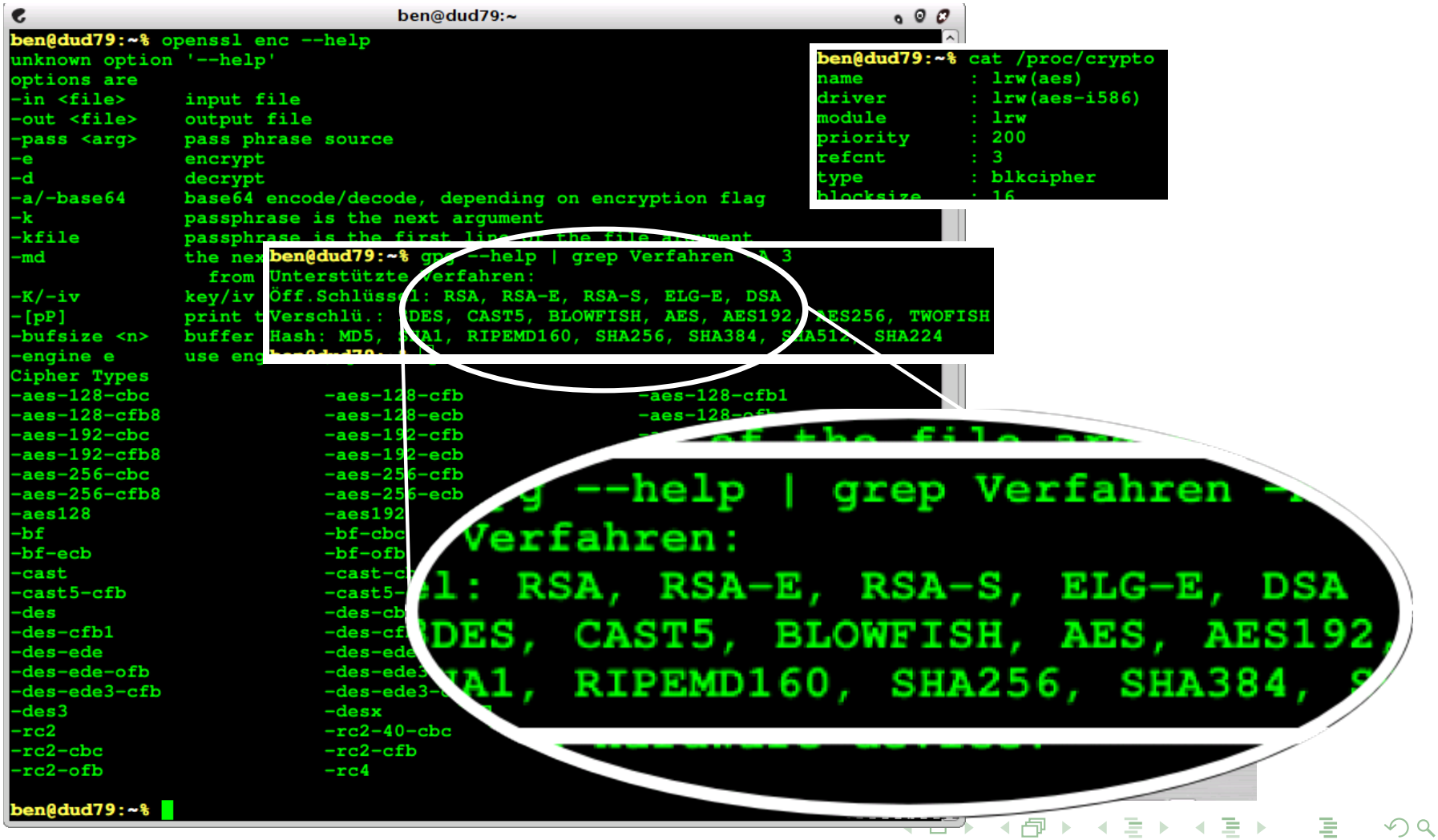
Worum geht es?

Wissen was dahintersteht!



Worum geht es?

Wissen was dahintersteht!



EOF

--verbose

- Wikipedia
- Versuchsanleitungen zum Komplexpraktikum:
  http://www.inf.tu-dresden.de/index.php?node_id=1358&ln=de
  Script Datenschutz und Datensicherheit:
  http://www.inf.tu-dresden.de/index.php?node_id=483&ln=de
- Security and Cryptography, Montags 9:20–12:40 Uhr,
  TUD, Fakultät Informatik, E023