

2 Beispiele für Mehrfach-Chiffren

Beispiele für Gruppen

Jeweils eine Gruppe bilden:

- die Verschiebechiffren über Σ bezüglich einer Gruppenstruktur auf Σ ,
- die monoalphabetischen Substitutionen über Σ ,
- die BELASO-Chiffren fester Periode,
- die Block-Transpositionen fester Länge.

DES

DES ist eine Blockchiffre auf \mathbb{F}_2^{64} mit Schlüsselraum \mathbb{F}_2^{56} . CAMPBELL und WIENER haben gezeigt (CRYPTO 92), dass DES die alternierende Gruppe der Ordnung 2^{64} erzeugt.

Historische Beispiele

Die Komposition einer polyalphabetischen Chiffre der Periode l mit einer der Periode q hat die Periode $\text{kgV}(l, q)$. **Anwendung:** Rotormaschinen.

Weiteres historisches Beispiel: Die doppelte Spaltentransposition, die wesentlich schwerer zu brechen ist, als die einfache.

Komposition von BELASO-Chiffren

Die Komposition zweier BELASO-Chiffren der Perioden l und q hat zwar die Periode $\text{kgV}(l, q)$, also im wesentlichen das Produkt lq , die Sicherheit entspricht aber höchstens der Summe $l + q$, wenn man einen Angriff mit bekanntem Klartext berücksichtigt:

Aus einem bekannten Klartext der Länge $l + q$ gewinnt man $l + q$ lineare Gleichungen für die ebensovielen Unbekannten, aus denen die beiden Schlüssel insgesamt bestehen. Sei dazu o. B. d. A. $l < q$. Dann haben wir die Situation

Klartext	a_0	a_1	\dots	a_{l-1}	a_l	\dots	a_{q-1}	\dots
Schlüssel 1	h_0	h_1	\dots	h_{l-1}	h_0	\dots	\dots	\dots
Schlüssel 2	k_0	k_1	\dots	k_{l-1}	k_l	\dots	k_{q-1}	\dots
Geheimtext	c_0	c_1	\dots	c_{l-1}	c_l	\dots	c_{q-1}	\dots

Wir haben also eine BELASO-Chiffre mit dem Gesamtschlüssel

$$(h_0 + k_0, h_1 + k_1, \dots)$$

und der Periode $\text{kgV}(l, q)$.

Nehmen wir nun bekannten Klartext der Länge $l + q$ an, etwa o. B. d. A. (a_0, \dots, a_{l+q-1}) . Dann haben wir das folgende lineare Gleichungssystem für die $l + q$ Unbekannten $h_0, \dots, h_{l-1}, k_0, \dots, k_{q-1} \in \mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$:

$$\begin{aligned} h_0 + k_0 &= c_0 - a_0, \\ h_1 + k_1 &= c_1 - a_1, \\ &\vdots \\ h_{l-1} + k_{l-1} &= c_{l-1} - a_{l-1}, \\ h_0 + k_l &= c_l - a_l, \\ h_{l+q-1 \bmod l} + k_{l+q-1 \bmod q} &= c_{l+q-1} - a_{l+q-1}. \end{aligned}$$

Dieses ist mit Sicherheit nicht eindeutig lösbar: Addiert man einen festen Wert x zu allen h_i und subtrahiert x von allen k_j , so hat man ebenfalls eine Lösung. Daher kann man zunächst der Einfachheit halber $h_0 = 0$ annehmen; sollten die Schlüssel nicht zufällig gewählt, sondern aus Schlüsselwörtern gebildet sein, kann man am Ende mit einer einfachen „CAESAR-Exhaustion“ wie ganz am Anfang von Kapitel I die „wahren“ Schlüssel ermitteln. Für die Dechiffrierung tun es auch die verschobenen Schlüssel. Und da wir eine Unbekannte weniger haben, reichen im allgemeinen sogar $l + q - 1$ bekannte Klartext-Zeichen. Dies soll hier nicht weiter ausgeführt werden; der Interessierte möge die folgende Aufgabe lösen.

Übungsaufgabe

Gegeben sei der Geheimtext.

CIFRX KSYCI IDJZP TINUV GGBKD CWBBF CGWBC UXSJN LJFMC
LQAZV TRLFK CPGYK MRUHO UZCIM NEOPP LK

Für einen Angriff mit bekanntem Klartext

- bestehe die berechtigte Vermutung, dass der Klartext mit „Sehr geehrter ...“ beginnt,
- seien mit Trial & Error plausible Schlüssellängen ausprobiert; es sei $42 = 6 \times 7$ an der Reihe, um zu testen, ob eine doppelte BELASO-Verschlüsselung mit den Schlüssellängen 6 und 7 vorliegt.

(Hierzu braucht man nicht alle Schlüssellängen und Kombinationen durchzuprobieren; die Koinzidenzanalyse ist wegen der Kürze des Textes nicht allzu spezifisch, reicht aber, um alle bis auf wenige plausible Schlüssellängen auszuschließen.)