

# Einführung in die Kryptologie

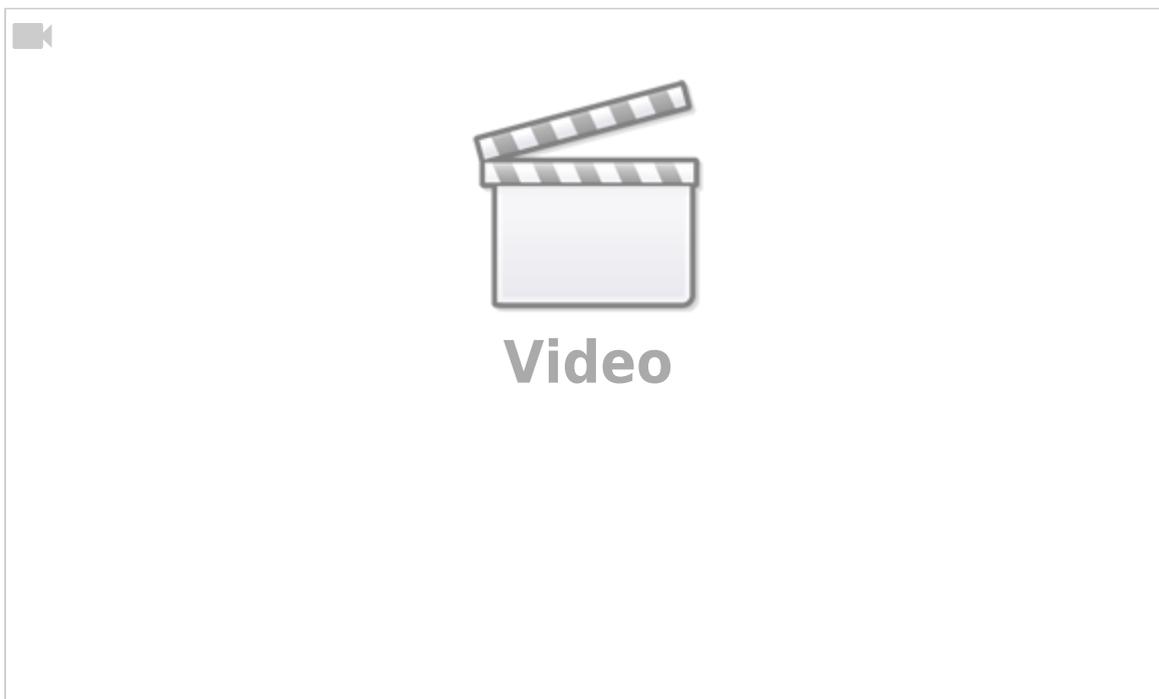
Schon vor 2500 Jahren wurden im militärischen Umfeld geheime Botschaften übermittelt, beispielsweise in Form der Skytale - die Verschlüsselung beruht auf einem **Transpositionsverfahren**.

## Aufgaben

1. Recherchiere zur Skytale und notiere den historischen Kontext.
2. Beschreibe das Verschlüsselungsverfahren.
3. Nenne den Schlüssel, den Sender und Empfänger kennen müssen.
4. Bewerte die Sicherheit des Verfahrens.
5. Wie könnte die Verschlüsselung sicherer gemacht werden? Mache Vorschläge.



Jahrhunderte später vertraute Julius Cäsar keinem der Boten, die Nachrichten an seine Generäle überbrachten. Er ersetzte deshalb in seinen Nachrichten jedes A durch ein D, jedes B durch ein E usw. So verfuhr er mit dem ganzen Alphabet. Nur jemand, der die Regel des Vertauschens durch den drittnächsten Buchstaben kannte, konnte die Nachrichten entschlüsseln - er wandte das erste **Substitutionsverfahren** zur Verschlüsselung an.



## Aufgaben

1. Die Cäsar-Chiffre ist ein monoalphabetisches Substitutionsverfahren. Erkläre den Begriff.
2. Grenze Substitutions- von Transpositionsverfahren ab.
3. Nenne den Schlüssel, den Sender und Empfänger kennen müssen.
4. Monoalphabetische Chiffren sind für die Kryptoanalyse keine Herausforderung - sie können

- leicht durch eine **Häufigkeitsanalyse** geknackt werden. Beschreibe dieses Verfahren.
5. Benutze die Informationen und Werkzeuge auf <http://www.cryptool-online.org/>, um den folgenden Geheimtext in Cäsar-Chiffre zu entschlüsseln:

```
ExoovtfoakxzeabjQlapbfkboBiqbok  
xipTxfpbfkafbCueoplodbpbfbkbo  
kfzeqjxdfpzebkQxkqbMbqrkfxIfivp  
PzetbpqborkaabobkBebjxkkbpSboklk  
AropibvueybodbybkAfbAropibvp  
pfkaExoovpibqwqbkklzeibybkab  
SbotxkaqbPfbpqbekabojxdfpzebk  
Tbiqxyibekbkadbdbkueyboybexkabik  
Exoovpbeopzeibzeqrkasboprzebk  
afbBkqtfzhirkdpbfkbojxdfpzebk  
CaefdhhbfqbkwsboefkabokAxebo  
sbopzetbfdbkpfbfexrzeaftxeob  
DbpzeftzeqbtfbpbfbkbiqbokwrQlab  
hxjbpkltfbafbQxqpzebaxppExoov  
bfkwxrybobofpqXrßboabjybslowrdbk  
pfbfeobkPlekAraibvtlbpkro  
dbeqXkExoovpbicqbjDbyroqpqxd  
tfoafejslk0rybrpExdofaabj  
TfiaueqborkaPzeiueppbiybtxeoboabo  
WxrybobopzeribEldtxoqpaafbBfkixarkd  
fkaxpFkqbokxqueyboyoxzeqBopq  
gbqwqbocaeoqbobqtxpueybopbfkb  
EbohrkcqafbBupqbkwabodbebfjkb  
jxdfpzebkMxoxiibitbiqrkapbfkb  
bfdbkbbCaefdhhbfqbkxipWxrybobo
```

## Verschlüsselung und Entschlüsselung

Daten, die ohne besondere Entschlüsselungsmethoden gelesen werden können, werden *Klartext* genannt. Das Verfahren zum Chiffrieren von Klartext, so dass dessen Inhalt unerkant bleibt, wird Verschlüsselung (= **Kryptographie**) genannt.

Verschlüsseln von Klartext ergibt ein unleserliches Zeichengewirr, das dann Verschlüsselungstext oder *Chiffre*, manchmal auch *Geheimtext* genannt wird. Mit der Verschlüsselung bleiben Informationen unbefugten Personen verborgen, selbst wenn ihnen die Daten im verschlüsselten Zustand vorliegen. Das Verfahren des Zurückführens von chiffriertem Text in den ursprünglichen Klartext wird als Entschlüsselung (= **Kryptoanalyse**) bezeichnet.



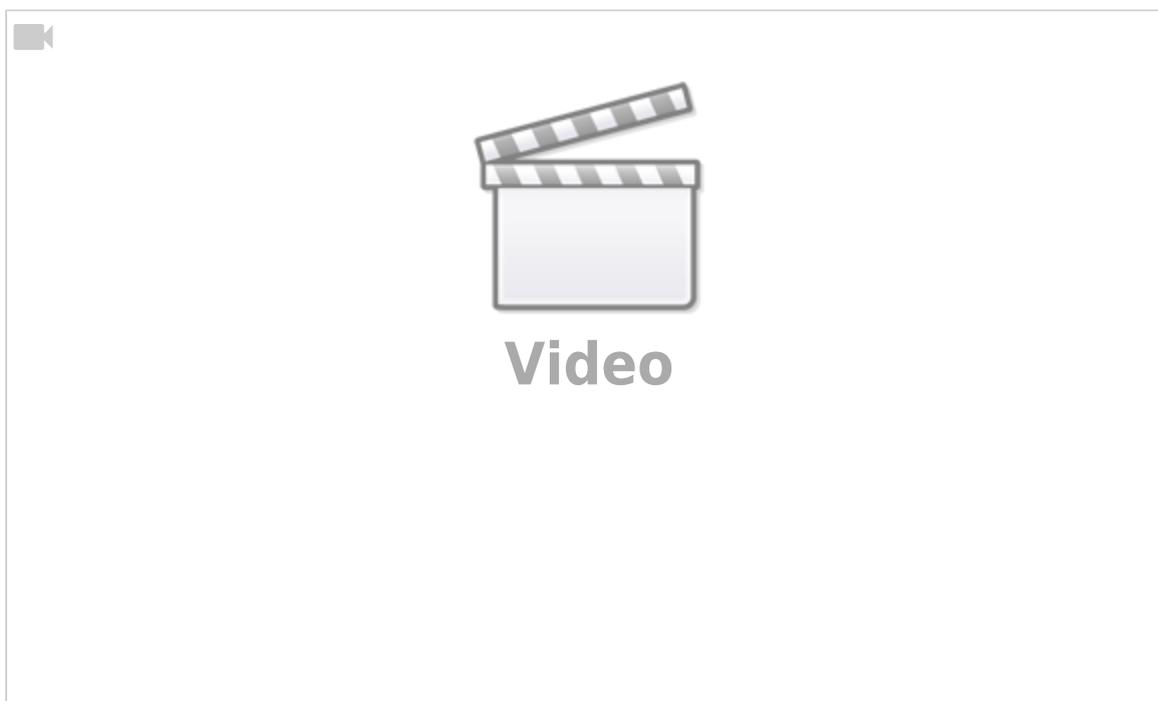
## Aufgaben

1. Übernimm das Schema oben auf dieser Seite in dein Heft und ergänze an passender Stelle die kryptologischen Fachbegriffe, die du bis jetzt gelernt hast.
2. Erläutere die drei Ziele der Kryptographie (**Vertraulichkeit, Authentizität, Integrität**).
3. Bewerte die beiden dir bisher bekannten kryptographischen Verfahren im Hinblick auf die drei Ziele.

## Weiterentwicklung des Substitutionsverfahrens: Vigenère-Chiffre

Durch Häufigkeitsanalysen sind monoalphabetische Substitutionsverfahren unsicher, selbst wenn das Geheimentalphabet nicht nur verschoben, sondern "zerwürfelt" ist - wenn also die Buchstaben des Geheimentalphabets in zufälliger Reihenfolge vorliegen. Angriffe auf monoalphabetische Substitutionsverfahren erfolgen immer nach der **Exhaustionsmethode**; sie werden auch als **Brute-Force-Attacken** bezeichnet.

Die Weiterentwicklung der Substitutionsverfahren, die Angriffe auf den Code durch Häufigkeitsanalysen unmöglich macht, ist die **polyalphabetische Substitution** wie wie die Vigenère-Chiffre, die 300 Jahre lang als unangreifbar galt. Hier verwendet man für aufeinanderfolgende Buchstaben jeweils verschiedene Alphabete, so dass sich die Häufigkeiten der Buchstaben im Geheimentext ausgleichen:



Drucke dir die [Arbeitshilfen zur Vigenère-Chiffre](#) aus und bearbeite folgende

## Aufgaben

1. Wie lang muss der Schlüssel bei einer polyalphabetischen Verschlüsselung mit einem

- Zufallsalphabet mindestens sein (exakte Angabe)?
2. Erkläre das Prinzip von Brute-Force-Attacken (Recherche!).
3. Vereinbare mit deinem Nachbarn ein Schlüsselwort. Jeder chiffriert einen kurzen Text (wenige Wörter), ihr tauscht die Geheimentexte aus und jeder dechiffriert die Nachricht des anderen.

## Angriff auf die Vigenère-Chiffre: Der Kasiski-Test



Recherchiere Angriffsverfahren auf polyalphabetische Substitutionsverfahren. Stelle einen Angriff, der auf dem **Kasiski-Test** beruht, schematisch (Flussdiagramm) dar.

## Security vs. Obscurity

Wenn man ein geheimes Dokument irgendwo zuhause versteckt, dann hat das ziemlich wenig mit Sicherheit zu tun. Mögliche Angreifer (wir nehmen an, der Angreifer ist die National Security Agency [NSA] höchstpersönlich) würden selbstverständlich das Haus durchsuchen. Selbst wenn das Dokument an einem geheimen Ort versteckt ist, wird es nach genügend langem Suchen gefunden werden. Man könnte dich ausspionieren, Freunde ausfragen usw. Außerdem muss man möglicherweise auch an den geheimen Ort zurückkommen, um das Dokument wiederzuholen. Verstecken ist also nicht besonders effektiv.

Wenn ich das Dokument jedoch in den Safe lege, den Angreifern noch sämtliche Entwicklungspläne dieses Safes und noch hundert anderer mitsamt ihren Kombinationen gebe, so dass alle neugierigen Menschen den Mechanismus ausgiebig studieren können, aber immer noch nicht in der Lage sind, den Safe zu öffnen, dann ist das Sicherheit.

Das Bild des Safes ist ein schönes Beispiel für Kryptographie, das übrigens von [Bruce Schneier](#) stammt. Wenn wir das Ganze auf ein Verschlüsselungs-System übertragen, ist der Safe das Verschlüsselungs-Verfahren. Dieses Verfahren sollte auch noch dann sicher sein, wenn es von den weltbesten Kryptographen untersucht wurde. Die Sicherheit eines kryptographischen Systems darf ausschließlich von der Geheimhaltung des Schlüssels abhängen, nicht von der Geheimhaltung des Verfahrens ([Prinzip von Kerckhoffs](#)). In den meisten Fällen stellt es ein nicht unlösbares Problem dar, an das verwendete Verfahren zu gelangen. Und kennt man es erstmal, kann man selber Tests daran durchführen und es möglicherweise knacken. Vielleicht kann die verschlüsselte Nachricht auch ohne Kenntnis des benutzten Verfahrens geknackt werden, falls ein außerordentlich schlechtes benutzt wurde. Beim Beispiel des Safes könnte der Schlüssel eine bestimmte Zahlenkombination sein. Natürlich muss auch der Schlüssel ausreichende Sicherheit bieten, wenn ich z. B. eine nur zweistellige Kombination wähle, ist ein Safe ziemlich witzlos.

## Das sichere Verfahren

Albrecht Beutelspacher spricht in der kurzen Einführung in die Kryptographie von einem absolut sicheren Verfahren. Dieses Verfahren heißt *One-Time-Pad*.

1. Recherchiere zum *One-Time-Pad* und stelle das Prinzip in einem Heftaufschrieb dar.
2. Verschlüsse eine Nachricht auf diese Weise.
3. Nenne mögliche Probleme mit diesem Verfahren.
4. Begründe, dass es trotz seiner Sicherheit nicht immer und überall Anwendung findet.

## Knobel-Aufgaben

### Aufgabe 1

KyvZexivjjxrdwftljvjrifleu  
 trgklizexlgxiruzexuvvweuzex  
 trgklizexreuczebzexgfikrcjKyviv  
 rivknfwrkzfejKyvVeczxykvevu  
 reuKyvIvjzjkretvGfikrcjriv  
 cftrkvurknfibjfwrik(Jkrklvjreu  
 Grzekzexj)kyiflxyflkkyvnficurj  
 nvccrjdrepfkyviglscztcftrkzfej  
 (YzjkfiztCftrkzfejCzsirizvjreu  
 GfjkFwwztvj)Kfvriegfzekjpflyrmv  
 kfjlttvjjwlcptivrkvreudrzekrzer  
 wzvcusvknvvekyivvgfikrcjKyvsrkkcv  
 svknvvekyvwrkzfejdrpgcrpezekfyv  
 jkfipczevrkjfdvgfzek

#### Arbeitsauftrag

- Entschlüsse die Botschaften. Alle Hilfsmittel sind erlaubt.
- Erkläre, wie die Ver- und Entschlüsselung der Texte funktioniert. Gibt es eine Information die man als *Schlüssel* für das Verfahren bezeichnen könnte?

### Aufgabe 2

TEZEI Ezvvr iGzQh vsigx uiGqo rIsBm  
 tmriz GthPr oqtml yzIov keCrj itQiD  
 yzvqZ qyxki zMxiz hzqoG yiELA vBikw  
 miseA Ekrhp Apoiz iiGlk yyvpk muiAe  
 zeBfA FAvtw oqFAB roqtA pvlun vIeAu  
 yphkm DoqNi jukxH gqpgp peXxg rpxqm  
 gymDC skflr emzrl CEuxh Demtx iuhlq  
 xICes Goiyy vsBsu iqzkv HrBqt rlhCD  
 ilisp Dzhpi lmhip hmzIs ttCFk vziqz  
 kwZgp GzDhr HGmiz DmDyx vizFj iywmu  
 tiImw pgxlr Cqhiy xzmkk AHidG ymlqz  
 Cmym DBsuh mzlyl rnfke tQqFm ppilq  
 xrmym DzsAk mtgpA ivekm uidqx plxHG  
 tklrn DCipw mzymj lrqjs jlxy vlpif  
 ozniz utkhf mDulu iUAkk smktq ipxlq

```
x0vqu Gtmre Buurt mBpkv Lvlqs yzwAu
ildeB zkChy nEkmu iEuyw lrAon emxtu
illrC zjxlg pzowj lmzLe llqsq ipxmz
Biypi Eyiuy uLAyl fmDri iivQx wjlir
lxlwq ytmjl BHuqZ xCDsD lvAFu iyxmz
NeimB mzhlv MJvik mBuur tmBsk jBipD
ziRez Fujmi tzFyr ytFoz pizqt yuhiG
yXyiq nyxvj nigwz izLAK lAqzt iuYmn
kvziq zkIyj itxyu kmzly llzFk vlmvX
ukiyk tlesp AEkmu Pmuil ueuHu rGysG
krmxq skrHv ktgiv pwskr lrBpk grxEG
kvkiJ qoqIi oGzej lBqtz vramz ispqF
krimt pkvuh mDReu hmLur lwBqr pAhqq
TEZEn qyxke AEceA rmKts jliyR iiivu
yxBrL nkkpr vFtej leqmi uDCEA goivG
smorH GxiAx mzJml Izwkr uxvuy zvqcq
hiypm nkrde BzkCz lixzi uwqqt sjlDA
xhlvz qyxsm ktkrH vmEjv lmKdk AGyzG
kgrhq qymjl qyXeB qAonm mjPqx qlwiG
lhLqZ GkgrA msFyy Izpkf ljQzj iAyup
oiziv uilAe jLapl rsqt
```

### Frage und AA

Führt das bisherige Vorgehen hier zum Erfolg? Recherchiere zum Stichwort Vigenere Verschlüsselung und versuche den Geheimtext zu entschlüsseln. 

## Links

- <http://www.cryptool-online.org/>
- <https://www.cryptool.org/de/>
- <http://scienceblogs.de/klausis-krypto-kolumne/>

## Material

- <https://www.cryptportal.org/data/Krypto-Entwicklung.ppt>

[n/a: No match]

From:  
<https://info-bw.de/> -

Permanent link:  
<https://info-bw.de/faecher:informatik:oberstufe:kryptographie:einfuehrung:start?rev=1571148192>

Last update: **15.10.2019 14:03**

