

Code-Break-Party



January 27th, 2020

Outline

Substitutions-Chiffren

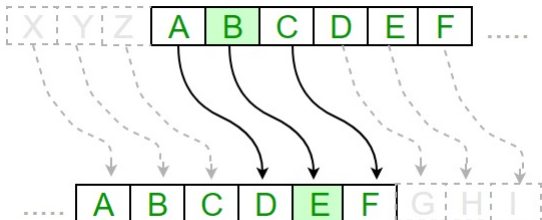
Cäsar Chiffre

Vigenère-Chiffre

Enigma

Cäsar Chiffre

- Klartext (plain text): ATTACKATDAWN
- Geheimtext (cipher text): DWWDFNDWGDZQ
- Schlüssel: 3 → um 3 Stellen nach rechts verschieben



Cäsar Kryptoanalyse

- Es gibt nur eine begrenzte Anzahl von Schlüsseln (nur 25 sinnvolle Verschiebungen)
- Brute-Force-Angriff → alle Kombinationen durchprobieren:

Schlüssel	Entschlüsselter Text
0	DWDFNDWGDZQ
1	CVVCEMCVFCYP
2	BUUBDLBUEBXO
3	ATTACKATDAWN
⋮	⋮

Monoalphabetische Substitution (Kryptogram)

- Anstelle für jeden Buchstaben den gleichen Offset zu verwenden, werden unterschiedliche Buchstaben verschieden verschoben

- Substitutionstabelle:

Klartext Alphabet		ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
Geheimtext Alphabet		MOSKAUBCDEFGHIJLNPQRTVWXYZ

- Beispiel:

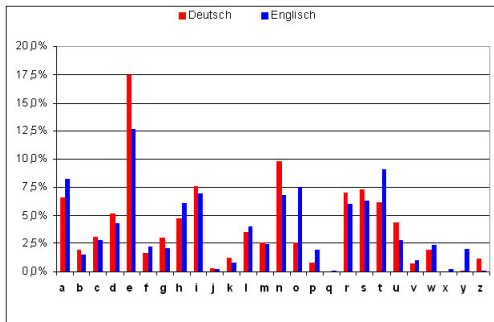
FL EE AT ONCE . WE ARE DISCOVERED .

wird zu

UGAA MR JISA . WA MPA KDQSJVAPAK .

Frequenzanalyse

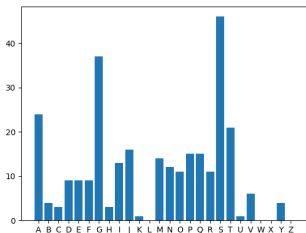
- Buchstaben kommen in natürlicher Sprache mit unterschiedlicher Häufigkeit vor
- Im Deutschen: E, I, N sind häufig, Q, X, Y sind selten



- Statistische Eigenschaften des Klartexts werden von einer Substitutionschiffre nicht verändert

Beispiel Frequenzanalyse

Tg stgsf Djia tf Ejnsg, nm dseqs stg Ajeetq. Gtiaq
tg stgsf csriaqsg, piafrqythsg Djia, vj sp gmia Fjnso
otsiaq rgn Vrofytkcsd uvg nsg Vmsgnsg asomeamsghsg,
rgn mria gtiaq tg stgso qojibsgsg, bmadsg Pmgnhores
jags Qtpias rgn Pqrsads, vj fmg ptia yrf Sppsg
atgpsqysg bjsggqs: gstg, nmp Djia vmo stgs
Ajeetqajsads, rgn nmp astppq, sp vmo psao
bjfcjoqmesd.

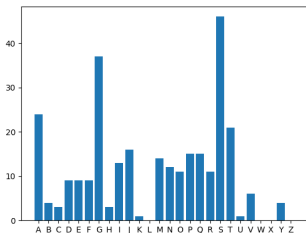


Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Beispiel Frequenzanalyse

Tg etgef Djia tf Ejneg, nm deeqe etg Ajeetq. Gtiaq
tg etgef ceriaqeg, piafrqytheg Djia, vj ep gmia Fjneo
oteiaq rgn Vrofytkced uvg neg Vmegneg aeomeamegheg,
rgn mria gtiaq tg etgeo qojibegeg, bmadeg Pmgnhoree
jage Qtpiae rgn Pqreade, vj fmg ptia yrf Epppeg
atgpeqyeg bjeggqe: getg, nmp Djia vmo etge
Ajeetqajeade, rgn nmp aetppq, ep vmo peao
bjfcjoqmeed.



Ciphertext Alphabet

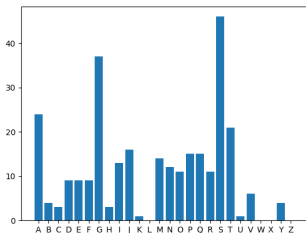
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

E

Beispiel Frequenzanalyse

Tn etnef Djia tf Ejnen, nm deege etn Ajeetq. Ntiaq tn etnef ceriaqen, piafrqythen Djia, vj ep nmia Fjneo oteiaq rnn Vrofytkced ujn nen Vmennen aeomeamenhen, rnn mria ntiaq tn etneo qojibenen, bmaden Pmnnhoree jane Qtpiae rnn Pqreade, vj fmn ptia yrf Eppen atnpeqyen bjennqe: netn, nmp Djia vmo etne Ajeetqajeade, rnn nmp aetppq, ep vmo peao bjfcjoqmeed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

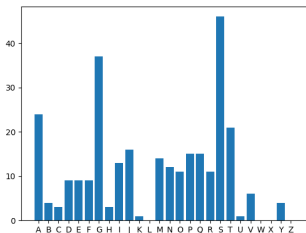
Plaintext Alphabet

N

E

Beispiel Frequenzanalyse

In einef Djia if Ejnen, nm deege ein Ajeeiq. Niaq
 in einef ceriaqen, piafrqyihen Djia, vj ep nmia Fjneo
 oieiaq rnn Vrofyikced ujn nen Vmennen aeomeamenhen,
 rnn mria niaq in eineo qojibenen, bmaden Pmnnhoree
 jane Qipiae rnn Pqreade, vj fmn piia yrf Eppen
 ainpeqyen bjennqe: nein, nmp Djia vmo eine
 Ajeeiqajeade, rnn nmp aeippq, ep vmo peao
 bjfcjoqmeed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

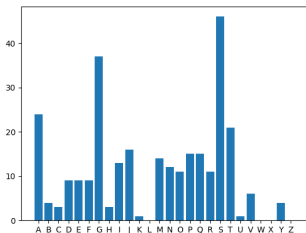
Plaintext Alphabet

N

EI

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejnen, nm deeqe ein Ajeeiq. Niaaq in einem ceriaqen, piamrqyihen Djia, vj ep nmia Mjneo oieiaq rnn Vromyikced ujn nen Vmennen aeomeamenhen, rnn mria niaaq in eineo qojibenen, bmaden Pmnnhoree jane Qipiae rnn Pqreade, vj mmn piia yrm Eppen ainpeqyen bjennqe: nein, nmp Djia vmo eine Ajeeiqajeade, rnn nmp aeippq, ep vmo peao bjmcjoqmeed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

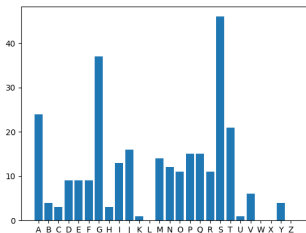
Plaintext Alphabet

MN

EI

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejnen, na deege ein Ajeeiq. Niiag in einem ceriaqen, piarmqyihen Djia, vj ep naia Mjneo oieiaq rnn Vromyikced ujn nen Vaennen aeoaeaaenhen, rnn aria niiag in eineo qojibenen, baaden Pannhoree jane Qipiae rnn Pqreade, vj man piia yrm Eppen ainpeqyen bjennqe: nein, nap Djia vao eine Ajeeiqajeade, rnn nap aeippq, ep vao peao bjmcjoqaed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

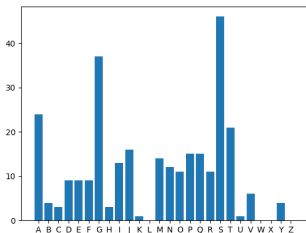
MN

A

EI

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejden, da deege ein Ajeeiq. Niiag in einem ceuiaqen, piamuqyihen Djia, vj ep naia Mjdeo oieiaq und Vuomyikced ujn den Vaenden aeoaeaaenhen, und auia niiag in eineo qojibenen, baaden Pandhouee jane Qipiae und Pqueade, vj man piia yum Eppen ainpeqyen bjennqe: nein, dap Djia vao eine Ajeeiqajeade, und dap aeippq, ep vao peao bjmcjoqaed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

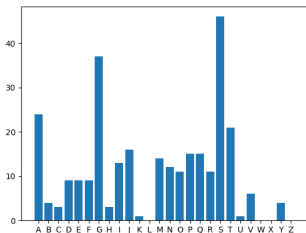
MN

AD

UEI

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejden, da deege ein Ajeeiq. Niiag in einem ceuiaqen, siamuqyihen Djia, vj es naia Mjdeo oieiaq und Vuomyikced ujn den Vaenden aeoaeaaenhen, und auia niiag in eineo qojibenen, baaden Sandhouee jane Qisiae und Squeade, vj man siia yum Essen ainseqyen bjennqe: nein, das Djia vao eine Ajeeiqajeade, und das aeissq, es vao seao bjmcjoqaed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

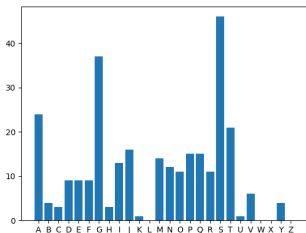
Plaintext Alphabet

MN

AD S UEI

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejden, da deege ein Ajeeiq. Niaq in einem ceuiaqen, siamuqzihen Djia, vj es naia Mjdeo oieiaq und Vuomzikced ujn den Vaenden aeoaeaaenhen, und auia niaq in eineo qojibenen, baaden Sandhouee jane Qisiae und Squeade, vj man siia zum Essen ainseqzen bjennqe: nein, das Djia vao eine Ajeeiqajeade, und das aeissq, es vao seao bjmcjoqaed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

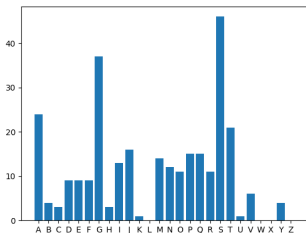
MN

AD S UEI

Z

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djia im Ejden, da deege ein Ajeeiq. Niaiq in einem ceuiaqen, siamuqzihen Djia, vj es naia Mjder rieiaq und Vurmzikced ujn den Vaenden aeraeaaenhen, und auia niaiq in einer qrjibenen, baaden Sandhruee jane Qisiae und Squeade, vj man siia zum Essen ainseqzen bjennqe: nein, das Djia var eine Ajeeiqajeade, und das aeissq, es var sear bjmcjrqaeed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

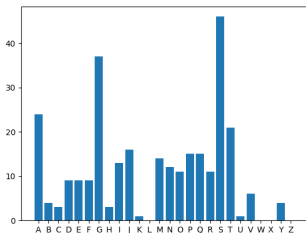
MN

ADRS UEI

Z

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Djih im Ejden, da deete ein Hjeeit. Niiht in einem ceuihten, sihmutzihen Djih, vj es naih Mjder rieiht und Vurmzikced ujn den Vaenden heraehaenhen, und auih niiht in einer trjibenen, bahden Sandhruee jhne Tisihe und Stuehde, vj man siih zum Essen hinsetzen bjennte: nein, das Djih var eine Hjeeithjehde, und das heisst, es var sehr bjmcjrtaeed.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

H

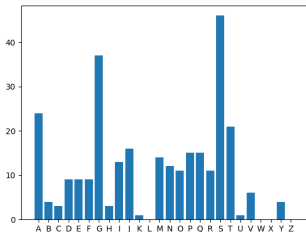
MN

ADRSTUEI

Z

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Doch im Eoden, da deete ein Hooeit. Nicht in einem ceuchten, schmutzigen Doch, vo es nach Moder riecht und Vurmzikced uon den Vaenden heraehaengen, und auch nicht in einer trockenen, kahden Sandgruee ohne Tische und Stuehde, vo man sich zum Essen hinsetzen koennte: nein, das Doch var eine Hooeithoehde, und das heisst, es var sehr komcortaeed.



Ciphertext Alphabet

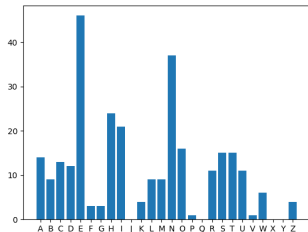
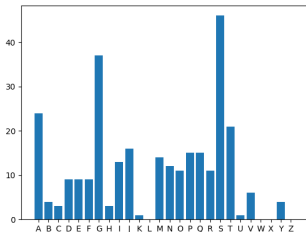
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

HK MNGCO ADRSTUEI Z

Beispiel Frequenzanalyse

In einem Loch im Boden, da lebte ein Hobbit. Nicht in einem feuchten, schmutzigen Loch, wo es nach Moder riecht und Wurmzipfel von den Waenden herabhaengen, und auch nicht in einer trockenen, kahlen Sandgrube ohne Tische und Stuehle, wo man sich zum Essen hinsetzen koennte: nein, das Loch war eine Hobbithoehle, und das heisst, es war sehr komfortabel.



Ciphertext Alphabet

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Plaintext Alphabet

HKFLBMNGCOP ADRSTUEIVW Z

Vigenère-Chiffre

- Poly-alphabetische Substitution
- Verwendet unterschiedliche Cäsar-Chiffren für aufeinanderfolgende Buchstaben
- Beispiel:

Schlüsselwort		B	A	Y	R	E	U	T	H
Cäsar mit Schlüssel		1	0	24	17	4	20	19	7

Verschlüsselung:

Klartext		ES	WAR	EINMAL	VOR	LANGER,	LANGER	ZEIT,	...
Schlüssel		BA	YRE	UTHBAY	REU	THBAYR,	EUTHBA	YREU,	...
Geheimtext		FS	URV	YBUNAJ	MSL	EHOGCI,	PUGNFR	XVMN,	...

→ Gleiche Buchstaben werden nicht immer gleich verschlüsselt

Tabula recta

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :
 - Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)
PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :
 - Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :
 - Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)
PPKAMJELQHP~~IA~~HLWYPKDDNBGPMJELQHP~~IA~~HZWUYJH...
 - Auf jedem Block eigene Häufigkeitsanalyse:
PAEHAWKNPEHAWJ | PMLPHYDBMLPHUH | KJQILPDGJQIZY

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :

- Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

- Auf jedem Block eigene Häufigkeitsanalyse:

PAEHAWKNPEHAWJ | PMLPHYDBMLPHUH | KJQILPDGJQIZY

- Problem: Wie findet man die Schlüssellänge?

Kasiski Test:

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

- Suche nach wiederholenden Buchstabengruppen (N -Gramme)

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :

- Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

- Auf jedem Block eigene Häufigkeitsanalyse:

PAEHAWKNPEHAWJ | PMLPHYDBMLPHUH | KJQILPDGJQIZY

- Problem: Wie findet man die Schlüssellänge?

Kasiski Test:

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

- Suche nach wiederholenden Buchstabengruppen (N -Gramme)

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :

- Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)

PPKAMJELQHP~~IAHLWYPKDDNBGPMJELQHP~~IAHZWUYJH...

- Auf jedem Block eigene Häufigkeitsanalyse:

PAEHAWKNPEHAWJ | PMLPHYDBMLPHUH | KJQILPDGJQIZY

- Problem: Wie findet man die Schlüssellänge?

Kasiski Test:

PPKAMJELQHP~~IAHLWYPKDDNBGPMJELQHP~~IAHZWUYJH...

index = 4

index = 25

- Suche nach wiederholenden Buchstabengruppen (N -Gramme)
- Bestimme Abstand zwischen den Wiederholungen
(hier: $d = 25 - 4 = 21$)

Vigenère Kryptoanalyse: Kasiski test

- Schwachstelle der Vigenère-Chiffre: wiederholender Schlüssel
- Angenommen wir kennen die Schlüssellänge K :

- Text in K Blöcke aufteilen (Beispiel: $K = 3$)

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

- Auf jedem Block eigene Häufigkeitsanalyse:

PAEHAWKNPEHAWJ | PMLPHYDBMLPHUH | KJQILPDGJQIZY

- Problem: Wie findet man die Schlüssellänge?

Kasiski Test:

PPKAMJELQHPIAHLWYPKDDNBGPMJELQHPIAHZWUYJH...

index = 4

index = 25

- Suche nach wiederholenden Buchstabengruppen (N -Gramme)
- Bestimme Abstand zwischen den Wiederholungen
(hier: $d = 25 - 4 = 21$)
- Schlüssellänge Teiler des Abstands: $d = 3 \cdot 7 \rightarrow K = 3$ oder 7

Vigenère Kryptoanalyse: Friedman Test

- Statistischer Test zur Bestimmung der Schlüssellänge:

κ_p	Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig gewählte Buchstaben eines Textes gleich sind
κ_r	Wahrscheinlichkeit, dass zwei Buchstaben eines zufälligen gleichverteilten Textes übereinstimmen

- Im Englischen (monospace, 26 Buchstaben):

$$\kappa_p = 0.067 \quad \kappa_r = \frac{1}{26} = 0.0385$$

- Abschätzung der Schlüssellänge:

$$K \approx \frac{\kappa_p - \kappa_r}{\kappa_o - \kappa_r}$$

mit der beobachteten Koinzidenzrate

$$\kappa_o = \frac{\sum_{i=1}^{26} n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Friedman Test: Anwendung

YNCJHFUGVBAVFYXIZBSRJ CZGPBFCVTSUGGKWPWUHZCRFHYKFSOJCPGMMRBVUJFBWMWRJWEJIZGGLZGLHTUOFWQFCCXIUCOGTESSLKRFSLNTCME
IKCOAJISAMGVBLBSKVWNSUSJZWFKLAYYSFMTFYLAJFHZXWRGBNXKOKYFZFSGIYONBSXDWKMRDKMMVPWMYVFUEFZATXHRIKXNKKSLLIOKLDRBVP
FEHWWBVOJMMFIYAFJTGKYYOLMMVDSLXZBYMMVFWSGISCLAYYOLF TIBAGLVEMTQCMDTDZBDXFMSKGTJHWIMRRLKTURWGGCOUDTYWCXUKHZKZFK
MKFFSGTKVVKIRMQXYBBGPNEUZHBNQEQJRRKHSKCOTDZRGNGKSVBKZGZHZCRWOJIQGFJSOUDNJVSEQSSLXQCWFZYWKPNKVS LN XVKHRVKZXWVOY
XXRBVTLVGZXSTSLPTICSWXUWNXWSVBSRKGHIREVBNKCGDYYSGGJCSKLYIONXQVRTRFERLAFKVS LRRRRTQCHZXIZTXXWVBUX

- Rateversuch: Schlüssellänge $K = 4$

Friedman Test: Anwendung

YNCJHFUGVBAVFYXIZBSRJ CZGPBFCVTSUGGKWPWUHZCRFHYKFSOJCPGMMRBVUJFBWMWRJWEJIZGGLZGLHTUOFWQFCCXIUCOGTESSLKRFSLNTCME
IKCOAJISAMGVBLBSKVWNSUSJZWFKLAYYSFMTFYLAJFHZZWRGBNKKOKYFZFSGIYONBSXDWKMMDKMMVPWMYVFUEFZATXHRIKXNKKSLLIOKLDRBVP
FEHWBVOJMMFIYAFJTGKYYOLMMVDSLXZBYMMVFWSGISCLAYYOLF TIBAGL VEMTQCMDTDZBDFMSKGTJHWIMRRLKTURWGGCOUDTYWCXUKHZXKZFK
MKFFSGTKVWKIRMQXYBBGPNEUZHBNQEQJRRKHSKCOTDZRGNGKSVBKZGZHZCRWOJIQGFJSOUDNJVSEQSSLXQCWFZYWKPNKVS LN XVKHRVKZXWVOY
XXRBVTLVGZXSTSLPTICSWUXWNXWSVBSRKGHIRBVBKCGDYSGGJCSKLYIONXQVRTRFERLAFKVS LRRRWTQCHXIZTXXWVBUX

- Rateversuch: Schlüssellänge $K = 4$
- Teile Text in 4 Blöcke auf

Friedman Test: Anwendung

YNCJHFUGVBAVFYXIZBSRJ CZGPBF CVTUSUGGKWPWUHZCRFHXYKFSOJCPGMMRBVUJFBWMWRJWEJIZGGLZGLHTUOFWQFCXXIUCOGTESSLKRFLSNTCME
IKCOAJISAMGVBLSKVNWSUSJZWFKLAYYSFMTFYLAJFHZZWRGBNXXKOKYFZFSGIYONBSXDWKM RDKMVPWYVVFUEFZATXHRIKXNKKSLLOKLD RBVP
FEHWWBVOJMMFIYAFJTGKYYOLMMVDSLXZBYMMVFWSGISCLAYYOLF TIBAGLVEMTQCMDTDZBDFMSKGTJHWIMRRLKTURWGGCOUDTYWCXUKHZZKZFK
MKFFSCTKVWKIRMQXYBBGPNEUZHBNQEQJRRKHSK COTDZRGNGKSVBKZGZHCWOWJIQGFJSOUDNJVSEQSSLXQCWFZYYWKPKNVSLNXVKHRVKZXWVOY
XXRBVTLVGZXTSLPTICSWXUWNXWSVBSRKGHIRBVBKCGDYSGGJCSKLYIONXQVRTRFERLAFKVLRRRWTQCHZIXITZXWVBUX

YHVZJPVGPZHSRJMZZ	NFBYBCBTGWCYOGBFWEGG	CUAXSZFSKURKJMVBRJGL	JGVIRGCUWHFFCMUWJILH
TWCCEKLMCIGBWSFYMLHR	UQXOSRNEOSVSNJKYTAZG	OFIGSFTIAABKSZLSFJXB	FCUTLSCKJMLVUWAFYFVN
XYSOXMMWFZHXSORFWJIJ	KFGNDRMMUARNLKBEBMYT	OZIBWDVYETIKLLVHVMAG	KFYSKKPVFXXKIDPWOFK
YMSBVGLOILTDBMTILRCT	YMLYFIALBVQTD SJMKWOY	OVXMWSYFAECDXKHRGTUW	LDZMSCYTGMMZFGWRUGDC
XZFFTKQBEBEKCZGBZRIJ	UXKFKIXGUNJHORKKHWS	KKMSVRYPZORSTGSZZOGO	HZKGWMBNHQRKDNVGCJFU
DSSCYPSVVXVGTWNSRI	NELWYNLKKVXTZSIXXVKR	JQXFWKNHZORLXLCUWGBG	VSQZKVRXYBVSPSWXSHV
BGSCYXTRKRTZV	NDGSIQLRVRQXXB	KYGKOVFASRCIXU	CYJLNREFLWHZWX

$$\kappa_o = 0.0425$$

$$\kappa_o = 0.0404$$

$$\kappa_o = 0.0405$$

$$\kappa_o = 0.0432$$

- Rateversuch: Schlüssellänge $K = 4$
- Teile Text in 4 Blöcke auf
- Bestimme Koinzidenzindex für jeden Block

Friedman Test: Anwendung

YNCJHFUGVBAVFYXIZBSRJCZGPBFCVTSUGGKWPWUHZCRFHXYKFSOJCPGMMRBVUJFBWMWRJWEJIZGGLZGLHTUOFWFQFCXIUOCGTESSLKRFLSNTCME
IKCOAJISAMGVBLSKVWNSUSJZWFKLAYYSFMTFYLAJFHZZWRGBNXXKOKYFZFSGIYONBSXDWKMRDKMMVPWYVVFUEFZATXHRIKXNKKSLLOKLRBVP
FEHWWBVOJMMFIYAFJTGKYYOLMMVDSLXZBYMMVFWSGISCLAYYOLF TIBAGLVEMTQCMDTDZBDXFMSKGTJHWIMRRLKTURWGGCOUDTYWCXUKHZZKZFK
MKFFSGTKVWKIRMQXYBBGPNEUZHBNQJEJRRKHSKOCOTDZRGNGKSVBKZGZHCWOWJIQGFJSOUDNJVSEQSSLXQCWFZYYWKPKNVSLNXVKHRVKZXWVOY
XXRBVTLVGZXTSLPTICSWXUWNXWSVBSRKGHIRBVBKCGDYSGGJCSKLYIONXQVRTRFERLAFKVLRRRWTQCHZXIZTXWVBUX

YHVFZJPVGPZHSRJMZZ
TWCCEKLMCIGBWSFYMLHR
XYSOXMMWFZHXSORFWJIJ
YMSBVGLOILTDBMTILRCT
XZFFTKQEBEKCZGBZRIJ
DSSCYPVSVVXVGTWNSRI
BGSCYXTRKRTZV

NFBYBCBTGWCYOGBFWEGG
UQXOSRNEOSVSNJKYTAZG
KFGNDRMMUARNLKBEBMYT
YMLYFIALBVQTD SJMKWOY
UXKFKIXGUNJHORKKHWS
NELWYNLKKVXTZSIXXVR
NDGSIQRLVRQXXB

CUAXSZFSKURKJMVBRJGL
OFIGSFTIAABKSZLSFJXB
OZIBWDVYETIKLLVHVMAG
OVXMWSYFAECDXKHRGTUW
KKMSVRYPZORSTGSZZOGO
JQXFWKNHZORLXLCUWBGB
KYGKOVFASRCIXU

JGVIRGCUWHFFCMUWJILH
FCUTLSCKJMLVUWAFYFVN
KFYSKKPVFXKKIDPWOFK
LDZMSCYTGMMZFGWRUGDC
HZKGWMBNHQRKDNVGCJFU
VSQZKVVXRYBVSPSWXSHV
CYJLNREFLWHZWX

$$\kappa_o = 0.0425$$

$$\kappa_o = 0.0404$$

$$\kappa_o = 0.0405$$

$$\kappa_o = 0.0432$$

- Rateversuch: Schlüssellänge $K = 4$
- Teile Text in 4 Blöcke auf
- Bestimme Koinzidenzindex für jeden Block
Erinnerung:

$$\kappa_p = 0.067 \text{ (englisch)}, \quad \kappa_r = 0.0385 \text{ (zufällig)}$$

Friedman Test: Anwendung

YNCJHFUGVBVAVFYXIZBSRJCZGPBFCVTSUGGKWPWUHZCRFHYKFSOJCPGMMRBVUJFBWMWRJWEJIZGGLZGLHTUOFWQFCCXIUCOGTESSLKRFLNTCME
 IKCOAJISAMGVBLBSKVWNSUSJZWFKLAYYSFMTFYLAJFHZZWRGBNXKOKYFZFSGIYONBSXDWKMRDKMMVPWMYVFUEFZATXHRIKXNKKSLLIOKLDRBVP
 FEHWBVOJMMFIYAFJTGKYYOLMMVDSLXZBYMMVFWSGISCLAYYOLFRTIBAGLVEMTQCMTDZBDXFMSKGTJHWIMRRLKTURWGGCOUDTYWCXUKHXKZFK
 MKFFSGTKVWKIRMQXYBBGNPNEUZHBNQOEJRRKHSKOTDZRGNGKSVBKZGZHCRWOJIQGFJSOUDNJVSEQSSLXQCWFZYIWKPNKVS LNXXV KHRVKZXWVOY
 XXRBVTLVGGZSTSLPTICSWXUWNXWSVBSRKHGHIRVBVNKCGDYSGGJCSKLYIONXQVRTRFERLAFKVSLRRRWTQCHZIXIZTXWVBUX

YFAIJBWSZYJMJJW
 LTQITKNIJGSSWYT
 JWXFISMMYFHNLDL
 BMFYMXMGAFGTTXG
 IKGDXXMGKXPHEHT
 NBHOFDEXZPLHXXT
 XPWBHBDGLXRALT
 XXX

NUVZCFUPCKCRFRI
 ZUFUERTKIVKUFYF
 FRKZYXRVVZRKIRE
 VFJYVZVIYTLQDFT
 MTGTUKKTIYNBJSD
 GKZJNQYNNRWXL
 STXWSINYJYQFFRQ
 IW

CGFBZCGWRFPBBJZ
 GOCCSFCCSBVSKSY
 HGOFODDPFAIKOBH
 OITODBFSYIVCZMJ
 RUCYKZFKRBNRKC
 KZCISJSCYKXVVRV
 TIUXRRKYCIVEKRC
 ZV

JVYSGVGVFSGVWVG
 LFCOSSMOALWJLFL
 ZBKSNWKWUTKSKVW
 JYGLSYWCOBEMBSH
 RROWHFFVMBUORCR
 SGRQOVSWVVKOBG
 SCWSKBCSSORRVRH
 TB

HBXRPTKHHOMUMEG
 HWXGLEAMBNZAMA
 XNYGBKMMEXLLPW
 MAKMLMSLLAMDDKW
 LWUCZKSWQZGKOG
 VZWGUSLFKSKZYVZ
 LSNVGVGGKNTLSWZ
 XU

$$\kappa_o = 0.0523$$

$$\kappa_o = 0.0496$$

$$\kappa_o = 0.0517$$

$$\kappa_o = 0.0601$$

$$\kappa_o = 0.0511$$

- Rateversuch: Schlüssellänge $K = 5$
- Teile Text in 5 Blöcke auf
- Bestimme Koinzidenzindex für jeden Block

Erinnerung:

$$\kappa_p = 0.067 \text{ (englisch)}, \quad \kappa_r = 0.0385 \text{ (zufällig)}$$

Enigma

- Von den Deutschen im 2. Weltkrieg zur Verschlüsselung verwendet
- Von den Alliierten gebrochen (ohne Wissen der Deutschen)



Enigma Funktionsweise

- Aus den Anfangspositionen der Rotoren erhält man

$$26 \cdot 26 \cdot 26 = 17\,576$$

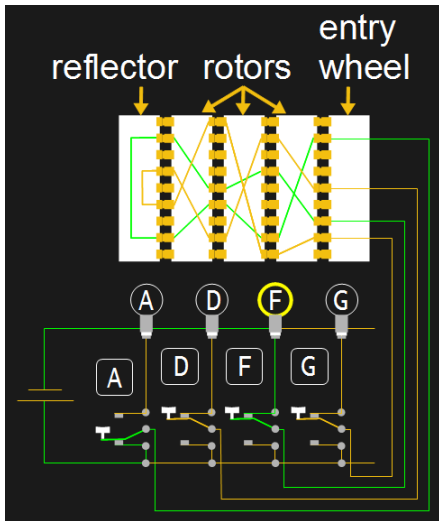
mögliche Verschlüsselungen für einen Buchstaben

- Es gibt mehrere mögliche Rotoren (numeriert mit I bis VII) von denen 3 Stück (in beliebiger Reihenfolge) ausgewählt werden

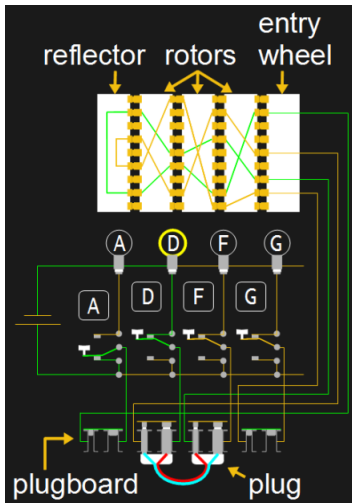
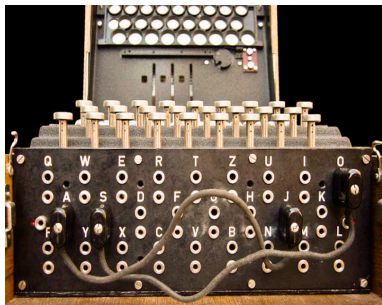
$$\rightarrow 8 \cdot 7 \cdot 6 = 336 \text{ Möglichkeiten}$$

Insgesamt: $17\,576 \cdot 336 = 5\,905\,536$ Möglichkeiten

Enigma: Innerer Aufbau



Enigma: Steckerbrett



→ bis zu 158 962 555 217 826 360 000 Möglichkeiten

Use implementation py-enigma
crib attack
Brute force without plug board

More topics

- Book cipher
- known plaintext attack
- key reuse attack (for one-time-pad)

<https://www.cryptool.org/en/cto-ciphers/caesar>