Geschwister-Scholl-Gymnasium Velbert

Die Enigmaverschlüsselung - Woran sie gescheitert ist

Mattis Jung

12. Februar 2026

Dies ist ein kleiner Wegweiser für das Schreiben einer Facharbeit. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Verwendung von LaTeX.

Am einfachsten ist es vermutlich, dieses Dokument als PDF anzuschauen und nebenbei im Quelltext nachzuschauen, wie dies und das umgesetzt wurde. Parallel dazu füllt man sein eigenes Dokument (*Facharbeit.tex*).

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **4**

2 Die Enigma - Maschine **4**
2.1 Wie die Enigma - Maschine entstand 4
2.2 Wie die Enigma - Maschine funktioniert 4
2.2.1 Das Steckerbrett 4
2.2.2 Die Walzen 5

3 Die Schwächen der Enigma - Maschine **5**
3.1 Die Umkehrwalze 5
3.2 Steckerbrett Bedingungen 5
3.3 Weitere Bedingungen 5

4 Meine Enigma Implementation **6**
4.1 Wie funktioniert diese Implementation? 6
4.1.1 Die Enigma 6
4.1.2 Die Walze 7

5 Die perfekte Enigma - Maschine **7**
5.1 Was ist anders an dieser Enigma - Maschine? 7

6 Fazit **7**

7 Einleitung **7**

8 Ein bißchen zu LaTeX und zur Typographie **7**
8.1 Typographische Feinheiten, die viele nicht kennen... 7
8.2 Ein paar Beispiele für den Einsatz von LaTeX 8
8.2.1 Darstellung Chemie 8
8.2.2 Darstellung Mathematik 8
8.2.3 Darstellung von Quellcode 9
8.2.4 Darstellung von Zitaten, Quellen, etc. 10
8.2.5 Die Datei *literatur.bib* 10
8.2.6 Zitate aus anderen Werken 10
8.2.7 Gedichte in Versform 11
8.2.8 Farbhervorhebungen 11
8.2.9 Bilder 11
8.2.10 Tabellen 12
8.2.11 Erweiterungen 12

9 Vorbereitungen zum Schreiben einer Facharbeit **12**

1 Einleitung

2 Die Enigma - Maschine

Die Enigma - Maschine ist eine Chiffriermaschine, die durch die Nutzung von Permutation und Substitution der Buchstaben einer Nachricht, diese Buchstabe für Buchstabe verschlüsselt.

2.1 Wie die Enigma - Maschine entstand

Die Idee der Enigma - Maschine entstand bereits im ersten Weltkrieg, als die deutschen eine möglichkeit brauchten geheime Nachrichten an die Front zu schicken, ohne dass Alliierte Truppen diese mitbekommen. Deshalb kam Arthur Scherbius (1878 - 1929) auf die Idee eine Rotor-Schlüsselmaschine zu erfinden, welche er am 23. Februar 1918 auch patentieren ließ. [3] Der Name der Enigma - Maschine entstand Ende 1923, als Scherbius seine Erfindung nach dem Griechischem Wort *enigma* bennante, welches Rätsel bedeutet.

Über die Jahre wurde diese immer populärer in Deutschland und nach Ende des zweiten Weltkrieges wurde verschiedenste, von den deutschen zurückgelassene, Exemplare modifiziert und auch weiter benutzt. Ein Beispiel hierfür ist die *Norenigma*, welche eine in Norwegen modifizierte Version der deutschen Enigma - Maschine ist.

2.2 Wie die Enigma - Maschine funktioniert

Von Außen sieht die Enigma - Maschine einer Schreibmaschine nicht ganz unähnlich, nur hier hat man nicht nur die Tastatur, sondern auch ein Glühlampenbrett, wo es für jede Taste der Tastatur eine Glühlampe gibt, die aufleuchtet, wenn eine Taste gedrückt wird. Dazu besteht die Enigma - Maschine aus 2 wichtigen Chiffrierteilen.

2.2.1 Das Steckerbrett

Dort werden alle Buchstaben die es in der Tastatur gibt angezeigt und man kann Kabel in den jeweiligen Buchstaben stecken und diesen dann mit einem andern verbinden. Dies sorgt dafür, dass der eingegebene Buchstabe durch den zweiten ersetzt wird, also dass eine *Permutation* stattfindet. Wenn ein Buchstabe in der Enigma - Maschine mit einem anderen verkabelt ist, nennt man ihn *gesteckert*. In der Maschine sind immer 20 Buchstaben miteinander gesteckert und die restlichen 6 sind ungesteckert. Außerdem durften zwei im Alphabet aufeinanderfolgende Buchstaben nicht miteinander gesteckert sein. Diese beiden Regelungen machten die Entschlüsselung der Enigma - Maschine für die Alliierte nicht schwerer, sondern nur leichter.

2.2.2 Die Walzen

Diese haben auf beiden Seiten je 26 Kontaktpunkt, welche in der Walze mit je einem andern Kontaktpunkt verkabelt sind. Dies funktioniert aber nicht so, dass das *A* auf der rechten Seite immer mit dem *A* verkabelt ist, sondern meistens mit einem andern Buchstaben (*E*), dadurch entsteht eine *Substitution*. Durch die Nutzung von meist 3 Walzen (Die *Enigma-M4* nutze beispielsweise 4) steigt die verschlüsselungsstärke der Enigma - Maschine exponentiell. Die Walzen hatten außerdem eine oder mehrere Kerben, welche dafür sorgten, dass nicht nur die erste Walze rotiert, sondern auch die nächsten mit rotieren.

Da die meisten Walzen nur eine Kerbe hatten war es selten, dass sich die letzt Walze wirklich viel verändert. Für den Funkverkehr der Achsenmächte nach Japan hatten die deutschen aber eine alternative, da sie bei dieser Version der Enigma - Maschine nicht eine, sondern fünf Übertragungskerben hatten, welche diese Enigma - Maschine stärker machte als die in Deutschland am meisten verbreiteten Enigma - Maschinen (*Enigma-T* oder auch *Tirpitz* genannte Enigma - Maschine für den Funk nach Japan). Aber auch in Deutschland gab es Enigma - Maschine mit mehreren Übertragungskerben, wie die Abwehr - Enigma (G), welche bis zu 17 Übertragungskerben hatte.

3 Die Schwächen der Enigma - Maschine

Durch verschiedenste Regulierungen wurde die Enigma - Maschine nicht cryptisch gestärkt, sondern nur geschwächt.

3.1 Die Umkehrwalze

3.2 Steckerbrett Bedingungen

3.3 Weitere Bedingungen

Zudem gab es für jeden Monat eine Schlüsseltafel, auf welchem die Walzenlage, Ringstellung, Steckerverbindungen und Kenngruppen für den jeweiligen Tag standen. Diese durften nicht mit in Flugzeuge mitgenommen werden, da sie sonst einfacher in die Hände der Alliierten fallen konnten.

4 Meine Enigma Implementation

4.1 Wie funktioniert diese Implementation?

In dieser Version der Enigma - Maschine gibt es zwei Verschiedene Klassen, welche miteinander interagieren und somit die eingegebene Nachricht verschlüsseln. Die erste und größere Klasse ist die Enigma - Klasse, in welcher die meiste Logik geschieht. Sie erstellt beim starten des Verschlüsseln die Walzen, in welcher nur die einzelne Ersetzung der Buchstaben geschieht. Das Steckerbrett ist Teil der Enigma - Klasse und tauscht die gesteckerten Buchstaben vor und nach durchlaufen der Rotoren mit dem jeweils anderen aus.

4.1.1 Die Enigma

Die Klasse Enigma wird mit folgenden Parametern initialisiert und sieht so aus:

Parameter:

name (str): Name der Enigma - Maschine, bestehend aus *Enigma* und der Modellnummer *I*, welches mit einem - getrennt ist. Dient zur identifizierung der Art der Enigma - Maschine. (*Enigma - I, Enigma - M3, Enigma - G, etc.*)

vorlage (dict): Dictionary, welches alle wichtigen Informationen für die Walzenlage, Ringstellung, Steckerverbindung und Kenngruppe beinhaltet. Die Walzenlage ist eine Liste an Strings, welche die jeweiligen Walzen spezifizieren. Die Ringstellung ist eine Liste an Zahlen, welche den Rotationsversatz zwischen der inneren Verdrahtung der Walzen und den außen zu sehenden Buchstaben oder Zahlen[1] angeben. Die Steckerverbindung ist eine 10 Elemente lange Liste and 2 Zeichen langen Strings, welche angibt, welche Buchstaben miteinander gesteckert sind, da es nur 10 Elemente gibt müssen 6 Buchstaben des Alphabets ungesteckert sein. Die Kenngruppen ist eine Liste an Strings, welche mögliche Kenngruppen für den jeweiligen Tag angeben. Davon müssen drei in die zu verschlüsselne Nachricht eingebaut werden, inden man sie permutiert mit zwei Füllbuchstaben der Nachricht unverschlüsselt voranstellt.

startingPosition (str): Ein String bestehend aus drei Zeichen, welche die Grundstellung für die Walzen angibt. Das erste Zeichen steht für die schnellste Walze (ganz rechts), das zweite für die mittlere Walze und das dritte für die langsamste Walze (ganz links). Dieser wird beim initialisieren in eine Liste mit dem jeweiligen Zahlenwert für den Buchstaben umgewandelt.

Funktionen:

encode:

getEnigmaString:

stecker:

steckerbrett:

[1] 4.

rotors:
rotate:
findRotors:

4.1.2 Die Walze

Die Klasse Walze wird mit folgenden Parametern initialisiert und sieht so aus:

5 Die perfekte Enigma - Maschine

5.1 Was ist anders an dieser Enigma - Maschine?

6 Fazit

7 Einleitung

> Das Lernen macht stets dann Verdruß', wenn man's nicht will, es aber muss.
>
> Heinz Erhardt (1909 - 1979)

8 Ein bißchen zu LaTeX und zur Typographie

8.1 Typographische Feinheiten, die viele nicht kennen...

Hier mal der Unterscheid zwischen einem ganzen und einem halben[3] (richtige Version) Leerzeichen vor Einheiten:
100 m oder auch 100m sehen weniger schön aus, als 100 m. Ein Eurosymbol erzeugt man durch einen Befehl (siehe Quelltext): 22 €... Gleiches gilt für ein Prozentzeichen %, was ja eigentlich den Text im Quelltext auskommentieren würde... Bei Abkürzungen kommt ebenfalls das halbe Leerzeichen zur Anwendung. Man schreibt z. B. (nicht z.B. oder z. B.) 70 % statt 70% oder gar 70 % (halbes Leerzeichen). Siehe Quelltext.

Um etwas wichtiges hervorzuheben, verwendet man übrigens nicht den aufdringlichen (wenn auch leider von vielen verwendeten) **Fettdruck** sondern die dezente *italienische* Variante! Benötigt man mehr, gibt es auch noch: etwas ohne Serifen (gesehen?) oder `Schreibmaschinenschrift`. Natürlich geht noch viel mehr allerdings

sollte man es vermeiden Schriftarten zu mischen, wenn man nicht ganz genau weiß was man tut. Die italienische Variante reicht in der Regel.

Absätze sind am Anfang immer etwas eingerückt und werden im Quelltext durch eine Leerzeile erzeugt.

Sehr empfehlenswert ist auch die kleine PDF „typokurz[1]“.

8.2 Ein paar Beispiele für den Einsatz von LaTeX

LaTeX, ausgesprochen „Latech“ funktioniert nach dem Prinzip des Textsatzes, Word und andere nach dem Wortsatzverfahren.

Word funktioniert nach dem Prinzip: „What You See Is What You Get“ (WYSIWIG) - das fertige Ergebnis ist von Anfang an auf dem PC-Bildschirm zu erkennen. Die LaTeX-Community setzt diesem Slogan ihr eigenes Motto entgegen: WYGIWYM steht für „What You Get Is What You Mean“ - Man bekommt das, was man auch wirklich beabsichtigt hat.

8.2.1 Darstellung Chemie

$\mathrm{Po} - - - {}^{56}\mathrm{Fe} - - - {}^{13}_{6}\mathrm{C}$

$\mathrm{n} + \mathrm{H} \rightarrow \mathrm{D} + \gamma(2.2\,\mathrm{MeV})$

${}^{13}_{6}\mathrm{C} + \alpha(5.314\,\mathrm{MeV}) \rightarrow {}^{16}\mathrm{O}^{**} + n$

8.2.2 Darstellung Mathematik

$$\int_0^6 x^2 dx = 72 \tag{1}$$

Umgebungen, wie hier die *align*-Umgebung können zusätzlich mit einem Sternchen versehen werden, wie beispielsweise im nächsten Fall, wodurch die Formelnummerierung (auf die übrigens wieder referenziert werden können) ausgeschaltet werden kann.

Hier werden mehrere Formeln untereinander am Gleichheitszeichen ausgerichtet

dargestellt.

$$\int_0^6 x^2 dx = 72$$

$$f(x) = e^{\pi \cdot t}$$

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ -4 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ -4 & 2 \\ 3 & -4 \end{pmatrix}$$

Oder mal 'ne Polynomdivision:

$$\begin{array}{rrrr|l} x^4 & -7x^3 & +3x & -2 & (x-2) = x^3 - 5x^2 - 10x - 17 + \frac{-36}{x-2} \\ \cline{5-5} -x^4 & +2x^3 & & & \\ \cline{1-2} & -5x^3 & & & \\ & 5x^3 & -10x^2 & & \\ \cline{2-3} & & -10x^2 & +3x & \\ & & 10x^2 & -20x & \\ \cline{3-4} & & & -17x & -2 \\ & & & 17x & -34 \\ \cline{4-4} & & & & -36 \end{array}$$

8.2.3 Darstellung von Quellcode

```
class Fahrzeug{
    String hersteller;
    String farbe;

    //--- Konstruktor, initialisiert die Datenfelder
    Fahrzeug(String derHersteller, String dieFarbe){
        hersteller = derHersteller;
        farbe = dieFarbe;
    }

    //--- Methoden des Fahrzeugs
    beschleunigen(){

    }
```

```
    bremsen(){

    }

    links(){

    }

    rechts(){

    }
}
```

8.2.4 Darstellung von Zitaten, Quellen, etc.

Der folgende Zitierstil[2] wird unter anderem in der weltbekannten Zeitschrift *nature* verwendet. Die Quellen werden numerisch automatisch in der erwähnten Reihenfolge im Literaturverzeichnis gelistet.

In LaTeX lassen sich über *Syle-Vorgaben* auch andere Zitierstile umsetzen, hier gibt es genügend Möglichkeiten für Mediziner, Geisteswissenschaftler oder Juristen. Da muß man möglicherweise etwas recherchieren.

8.2.5 Die Datei *literatur.bib*

In der Datei befinden sich letztlich alle Quellen. Dazu werden diese einfach nach einem festgelegten Schema festgehalten und LaTeX erstellt daraus das Literaturverzeichnis (siehe Ende des Dokuments). Der Aufbau ist im Prinzip wie folgt:

Am Besten gleich mal mit dem Literaturverzeichnis vergleichen (in normalem Editor öffnen)!

8.2.6 Zitate aus anderen Werken

Man kann in einer wissenschaftlichen Arbeit durchaus per „Copy & Paste“ einen Text übernehmen. Dieser muß dann allerdings mit Angabe der Quelle als Zitat (z. B. beidseitig eingerückt) dargestellt werden.

> Beispiel für ein Zitat (quote). Es gibt aber auch (quotation) für längere Zitate oder sogar (verse) für Verse... Man erkennt hier die beidseitige Einrückung.

8.2.7 Gedichte in Versform

Wie wäre es mit Gedichten?

> Ein jeder Stier hat oben vorn
> auf jeder Seite je ein Horn;
> doch ist es ihm nicht zuzumuten,
> auf so 'nem Horn auch noch zu tuten.
> Nicht drum, weil er nicht tuten kann,
> nein, er kommt mit dem Maul nicht 'ran!.

8.2.8 Farbhervorhebungen

Texte lassen sich natürlich auch einfärben, das kann z. B. bei der Beschreibung von Batterieanschlüssen hilfreich sein: Plus ... Minus.

8.2.9 Bilder

Bilder, Tabellen, etc. werden in der Regel in einer *figure-Umgebung* gesetzt. Diese ermöglicht einem beispielsweise auch den Verweis (siehe Abb.: 1, siehe auch Quelltext!) auf ein Bild im laufenden Text.

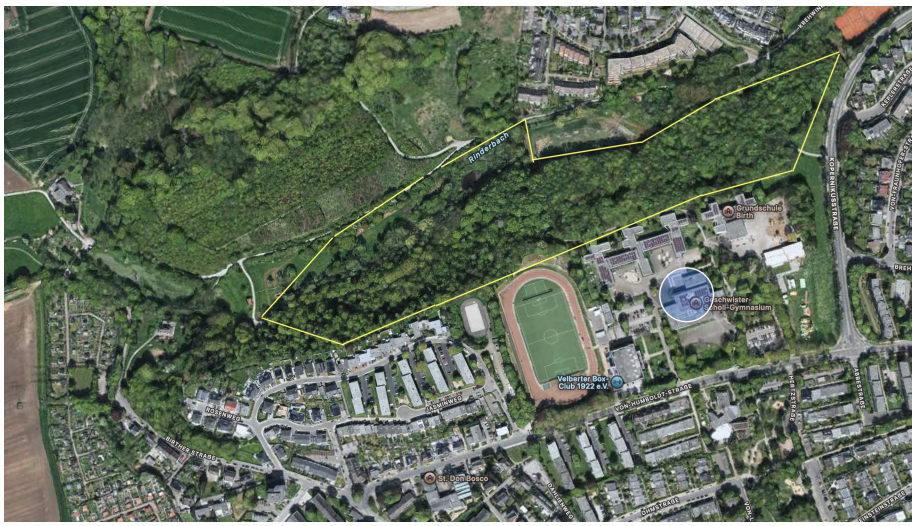

Abbildung 1: Satellitenaufnahme der Untersuchungsfläche

Name	Vorname	Alter	Geburtstag	Geburtsort
Katrin	Lollipop	16	1.1.1999	Velbert
Uschi	Lomboku	17	1.1.1998	Essen
Pauline	Fümmli	17	12.5.1999	Zürich

8.2.10 Tabellen

8.2.11 Erweiterungen

Es gibt für LaTeX wirklich alles Mögliche in Form von Zusatzpaketen, die am Anfang des Dokuments mit dem Befehl \usepackage{...} importiert werden können. Es gibt z. B. Pakete für Kochbücher, Puzzle, Kreuzworträtsel, elektronische Schaltsymbole und weiß der Geier was noch.

9 Vorbereitungen zum Schreiben einer Facharbeit

Während der Orientierungsphase ist es sehr wichtig, sich Notizen zu machen. Jede gesammelte Information sollte in Stichworten festgehalten werden und zwar so, daß sie jederzeit wiedergefunden werden kann. In einer PDF aus dem Internet habe ich beispielsweise Informationen zur Typographie entdeckt, die mir ganz interessant erschienen. Also erstelle ich mir eine entsprechende Notiz mit Informationen, die später evtl. nützlich sein könnten. Ich weiß ja jetzt noch nicht, ob ich davon etwas verwenden möchte und dies am Ende in den Quellen anzugeben gedenke.

Meine ersten Notizen könnten also etwa so aussehen:

Notizen

PDF-Datei: Christoph Bier - „typokurz – Einige wichtige typografische Regeln“ - Könnte für später ganz interessant sein
(Datei: /home/Facharbeit/PDFs/ typokurz.pdf); Autor: Christoph Bier, weitere Infos im PDF

Internetseite: https://www.overleaf.com ... Ein Onlineeditor. Vielleicht irgendwo erwähnen für Leute, die LaTeX nicht installieren können?

Nach und nach taucht man immer tiefer in das Thema ein und nach einiger Zeit kann man über viele Aspekte bereits frei reden und hat Zusammenhänge verstanden. Dinge, die anfangs wichtig erschienen wurden zwischenzeitlich verworfen, dafür kamen neue, andere Aspekte hinzu.

20 %

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Facharbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt von anderen Autoren übernommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Velbert, den 12. Februar 2026

Vorname Nachname

Literatur

[1] Christoph Bier. *typokurz - Einige wichtige typografische Regeln.* - Onlineresource, eingesehen am 30.09.2025. 2008. URL: https://zvisionwelt.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/01/typokurz.pdf.

[2] Max Mustermann und Uschi Müller. *Das Leben der Eintagsfliege.* 5., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Klimmbimm Verlag, 2008.

[3] *Patentschrift Chiffrierapparat DRP Nr. 416 219.* URL: https://www.cdvandt.org/Enigma%20DE416219C1.pdf (besucht am 06. 02. 2026).

[4] Wikipedia. *Enigma (Maschine) — Wikipedia, die freie Enzyklopädie.* [Online; Stand 10. Februar 2026]. 2026. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Enigma_(Maschine)&oldid=264050846.