Stephen Pincock • Mark Frary

Verschlüsselt

Die Geschichte geheimnisvoller Codes
von den Hieroglyphen bis heute

Haupt

Stephen Pincock · Mark Frary

Verschlüsselt

Die Geschichte geheimnisvoller Codes
von den Hieroglyphen bis heute

Haupt Verlag

Rechts: Der Diskos von Phaistos, entdeckt auf Kreta. Seine kryptischen Zeichen haben ihn zu einem der berühmtesten Rätsel der Archäologie gemacht.

1. Auflage: 2023

ISBN 978-3-258-08339-1

Aus dem Englischen übersetzt von Sebastian Vogel, DE-Kerpen
Lektorat der deutschsprachigen Ausgabe: Heike Werner, DE-München
Satz der deutschsprachigen Ausgabe: Die Werkstatt Medien-Produktion GmbH, DE-Göttingen
Umschlaggestaltung der deutschsprachigen Ausgabe: Tanja Frey, Haupt Verlag, CH-Bern

Umschlagabbildungen:
Vorne links: Everett Collection/Shutterstock.com; oben rechts: Science Photo Library;
Mitte rechts: marekuliasz/Shutterstock.com
Hinten: Fedor Selivanov/shutterstock.com

Die englischsprachige Originalausgabe erschien 2019 unter dem Titel *The Story of Codes* bei Elwin Street Productions Limited, London, UK. Die erste Ausgabe erschien im Jahr 2007 und wurde auf Deutsch unter dem Titel *Geheime Codes: Die berühmtesten Verschlüsselungstechniken und ihre Geschichte* vom Ehrenwirth Verlag veröffentlicht. Teile davon sind in der hier vorliegenden vollständig überarbeiteten und erweiterten Ausgabe enthalten.

Konzipiert und produziert von: Elwin Street Productions, 10 Elwin Street, London E2 7BU, UK
Printed in China

Um lange Transportwege zu vermeiden, hätten wir dieses Buch gerne in Europa gedruckt. Bei Lizenzausgaben wie diesem Buch entscheidet jedoch der Originalverlag über den Druckort. Der Haupt Verlag kompensiert mit einem freiwilligen Beitrag zum Klimaschutz die durch den Transport verursachten CO_2-Emissionen. Dabei unterstützt der Verlag ein Projekt zur nachhaltigen Forstbewirtschaftung in der Zentralschweiz. Wir verwenden FSC®-zertifiziertes Papier. FSC® sichert die Nutzung der Wälder gemäß sozialen, ökonomischen und ökologischen Kriterien.

Diese Publikation ist in der Deutschen Nationalbibliografie verzeichnet. Mehr Informationen dazu finden Sie unter http://dnb.dnb.de.

Der Haupt Verlag wird vom Bundesamt für Kultur für die Jahre 2021–2024 unterstützt.

Inhalt

Einleitung

Im 21. Jahrhundert ist digitale Verschlüsselung Teil des Alltags. Jedes Mal, wenn wir mit dem Handy telefonieren, einen Film schauen oder Online-Bankgeschäfte tätigen, bedienen wir uns einer hochentwickelten Form der computergestützten Verschlüsselung und sorgen so dafür, dass die neugierigen Augen und Ohren anderer außen vor bleiben.

Aber die heutige Zeit hat kein Monopol auf die geheime Übermittlung von Informationen. Schon seit mindestens zweitausend Jahren spielen Codes und Chiffren eine wichtige und manchmal entscheidende Rolle in der Politik, im blutigen Drama des Krieges, bei Mordanschlägen und bei der Verbrechensbekämpfung. Durch die geheime Weitergabe von Nachrichten wurden Kriege gewonnen und verloren, Imperien aufgebaut und zerstört, Menschenleben gerettet oder vernichtet. Es steht also viel auf dem Spiel – da ist es kein Wunder, dass eine nie endende Schlacht tobt: auf der einen Seite die Kryptografie, deren Ziel es ist, die Bedeutung einer Nachricht hinter einem Code oder einer Chiffre zu verbergen, und auf der anderen Seite die Kryptoanalyse mit erfinderischen, schlauen Codeknacker:innen, deren erklärtes Ziel es ist, Codes und Chiffren zu entschlüsseln und verborgene Nachrichten offenzulegen.

Jedes Mal, wenn Kryptograf:innen einen neuen Code oder eine Chiffre erfinden, tappen die Kryptoanalytiker:innen zunächst im Dunkeln. Codierte Nachrichten, die bislang leicht zu entschlüsseln waren, bleiben plötzlich undurchschaubar. Dieser Kampf wird wohl nie ein Ende haben. Mit verbissener Hartnäckigkeit oder einem plötzlichen, erhellenden Geistesblitz finden die Kryptoanalytiker:innen irgendwann eine Schwachstelle, arbeiten sich unermüdlich daran ab, bis die geheimen Nachrichten sich wieder offenbaren.

Die bemerkenswerten Menschen, die Kryptoanalyse zu ihrem Beruf gemacht haben, lassen eine Reihe besonderer Charaktereigenschaften erkennen, die bei dieser schwierigen und oftmals gefährlichen Arbeit besonders hilfreich sind. Zunächst einmal legen sie häufig eine verblüffend originelle Denkweise an den Tag. Alan Turing, einer der größten Kryptoanalytiker aller Zeiten, der im Zweiten Weltkrieg zur Kriegswende beitrug, gehörte zu den originellsten Denkern seiner Zeit. Erfolgreiche Kryptoanalytiker:innen zeichnen sich außerdem durch eine besonders hohe Motivation aus. Nichts vermag den Geist eines Menschen so zu fesseln wie ein Geheimnis. Für manche Codeknacker:innen ist bereits die Herausforderung, ein Geheimnis zu lüften, Motivation

genug. Häufig kommen aber andere Motive hinzu: Patriotismus, Rachegefühle, Habgier oder auch reiner Wissensdurst.

Um Codes und Chiffren zu entschlüsseln, braucht man mehr als ein nur beiläufiges Interesse. Die frühe Chiffre zu entschlüsseln, die Julius Caesar bevorzugte, scheint uns heute kinderleicht zu sein, aber zu Caesars Zeit erforderte es große Beharrlichkeit, die codierten Nachrichten lesbar zu machen.

Auch Geschwindigkeit ist beim Knacken von Codes ein wesentlicher Faktor. Viele Codes und Chiffren lassen sich brechen – aber nur dann, wenn man genug Zeit hat, um daran zu arbeiten. Ein klassisches Beispiel ist das RSA-Kryptosystem. Es basiert auf der Besonderheit, dass die Multiplikation von zwei Primzahlen nur wenig Zeit in Anspruch nimmt; aber herauszufinden, welche Primzahlen multipliziert wurden und eine bestimmte Zahl ergeben, kann selbst mit einem Computer ewig dauern.

Codeknacker:innen brauchen auch eine Vision, die sie antreibt. Oft arbeiten sie verdeckt, unter amtlicher oder krimineller Geheimhaltung, und da ihre Tätigkeit so heikel ist, arbeiten sie häufig alleine. Ohne eine feste Zielvorstellung im Kopf ist ihre kryptoanalytische Arbeit zum Scheitern verurteilt.

Dieses Buch zeigt, dass sich – allein durch Codes, die geschaffen und entschlüsselt wurden – der Lauf der Geschichte ändern kann. Dass diese unsere Fantasie stark beflügeln, ist eigentlich kein Wunder, und es erklärt sowohl den Erfolg von Romanen, in denen es von Codes nur so wimmelt, als auch die regelmäßigen Auftritte von Codeknacker:innen in Kino- und Fernsehfilmen. Mit der Realität haben solche fiktiven Szenen wenig zu tun, dennoch ist die wahre Geschichte der Kryptologie und insbesondere der Kryptonanalyse häufig spannender als alles, was Krimiautor:innen sich je ausdenken könnten. Auf den folgenden Seiten wird davon die Rede sein, wie außergewöhnlich die Menschen, die zu Codeknacker:innen werden, tatsächlich sind. Wir lernen einige der faszinierendsten historischen Figuren kennen und erfahren, welche grundlegenden Fähigkeiten zum mentalen Rüstzeug echter Codeknacker:innen gehören.

DER DISKOS VON PHAISTOS

In den ersten Julitagen des Jahres 1908 war der junge italienische Archäologe Luigi Pernier an der Südküste Kretas mit Ausgrabungen im minoischen Palast von Phaistos beschäftigt.

In der Sommerhitze arbeitete Pernier im Hauptraum eines unterirdischen Tempelmagazins und entdeckte dort eine bemerkenswert gut erhaltene, kalkverkrustete Terrakottascheibe von etwa 15 Zentimetern Durchmesser, die aber nur etwas über einen Zentimeter dick war.

Die Scheibe trug auf beiden Seiten insgesamt 242 rätselhafte, eingeprägte Hieroglyphen, die vom äußeren Rand bis zur Mitte eine Spirale bildeten. Von den 45 verschiedenen Zeichen – eingravierten oder eingedrückten symbolischen Figuren – stellten mehrere offensichtlich Dinge aus dem Alltag dar, beispielsweise Menschen, Fische, Insekten, Vögel, ein Boot und so weiter.

Die Symbole mochten leicht zu erkennen sein, aber was sie bedeuten, wurde in den nachfolgenden 100 Jahren hitzig diskutiert.

Manche Amateurarchäolog:innen äußerten die Vermutung, es könne sich um eine Art Gebet handeln, andere hielten es für einen Kalender und wieder andere für einen Ruf zu den Waffen. Weitere Spekulationen gingen davon aus, es könnte sich um ein antikes Brettspiel oder einen geometrischen Lehrsatz handeln.

Erst 2014 entwickelte man eine glaubwürdige Methode, um die Scheibe zu lesen, aber auch sie führte nicht dazu, dass man den Inhalt der Nachricht vollständig verstand.

Einer, der sich schon seit Langem für die Geheimnisse der Scheibe interessiert, ist der Mathematiker Anthony Svoronos aus Kreta.

„Der wichtigste Aspekt des Diskos ist nach meiner Überzeugung die Methode, mit der er geschaffen wurde", erklärt Svoronos. „Die Scheibe wurde mit mehreren Stempeln bedruckt. Zur Herstellung dieser Stempel waren große Anstrengungen notwendig, und deshalb sollten wir davon ausgehen, dass sie zur Herstellung vieler verschiedener Dokumente verwendet wurden. Und doch ist der Diskos das einzige Dokument, das mit diesen Stempeln erzeugt wurde und bis in unsere Zeit erhalten geblieben ist."

Noch enttäuschender wird dieser Mangel, weil Archäologen auf der anderen Seite Kretas, an der Ausgrabungsstätte des minoischen Palastes von Knossos, Hunderte von Tafeln entdeckt haben, die mit antiken Schriftzeichen namens Linear A und Linear B verziert sind.

Linear A, die ältere der beiden Schriften, ist bis heute nicht entschlüsselt – damit gehört auch sie zu den ungelösten Rätseln der antiken Schriften. Linear B dagegen, die aus dem 14. und 13. Jahrhundert v. u. Z. stammt, wurde in den 1950er-Jahren entschlüsselt: Damals entdeckte der englische Architekt Michael Bentris, dass auf den Tafeln eine Form des Griechischen stand.

Die Schwierigkeit bei der Entschlüsselung des Diskos von Phaistos ist nach Ansicht der meisten Expert:innen, dass die Scheibe einfach nicht genügend Schriftzeichen enthält, um eine definitive Entzifferung durchzuführen.

Interessant ist auch, dass die auf der Scheibe eingeprägten Zeichen sehr scharf und detailliert sind, ganz anders als die viel abstrakteren Formen und Zeichen der Linearschriften.

Oben: Die beiden Seiten des Diskos von Phaistos. Die Bedeutung der Zeichen und die Herkunft der Scheibe sind bis heute unklar. Damit bleibt der Fund eines der berühmtesten Rätsel aus Archäologie und Kryptologie.

Aber das alles hielt den Linguisten Dr. Gareth Owens vom Technological Educational Institute in Kreta und John Coleman, Professor für Phonetik an der Universität Oxford, nicht von der Entwicklung einer plausiblen Methode ab, mit der man die Scheibe lesen kann. Mit ihr erhält man faszinierende Anhaltspunkte für den Inhalt.

Die beiden Wissenschaftler erkannten Ähnlichkeiten zwischen der entzifferten Linear B und den Glyphen auf der Scheibe. Mit ihrer Hilfe konnten sie „mehr als 90 Prozent des Diskos von Phaistos lesen". So hat beispielsweise das Symbol, das Owens als „punk head" (Punkkopf) bezeichnete, den gleichen phonetischen Laut [l] wie das Symbol 28 im Linear B. Mit dieser und ähnlichen Annahmen sowie mit parallelen, in Linear B geschriebenen Texten identifizierten die beiden die sich wiederholende Gruppe von Symbolen als IQEKURJA, was so viel wie „schwangere Mutter" oder „Göttin" bedeutet. Dies veranlasste sie zu der Vermutung, die Scheibe könne ein Gebet an eine minoische Göttin enthalten.

Aber solange es keine eindeutige Entschlüsselung gibt – etwa dadurch, dass man die gleichen Zeichen auf anderen Dokumenten entdeckt –, werden wir nicht genau erfahren, ob diese Erklärung stimmt.

Der Ursprung der Kryptoanalyse

Jahrtausendelang hatte sich die Entwicklung der Kryptografie ohne nennenswerte parallele Bestrebungen bei der Kryptoanalyse und den entsprechenden Entschlüsselungsmethoden vollzogen. Die Techniken der Kryptoanalyse wurden von den Völkern Arabiens erdacht.

Im goldenen Zeitalter der islamischen Kultur nach dem Jahr 750 unserer Zeitrechnung besaßen die Gelehrten tiefe Kenntnisse in Naturwissenschaften, Mathematik, Kunst und Literatur. Wörterbücher, Enzyklopädien und Lehrbücher der Kryptografie erschienen, und die wissenschaftliche Erforschung von Wortherkunft und Satzstrukturen führte auch in der Kryptoanalyse zum ersten größeren Durchbruch. Muslimische Gelehrte gelangten zu der Erkenntnis, dass Buchstaben in allen Sprachen mit einer bestimmten Häufigkeit auftreten. Sie belegten, dass man Erkenntnisse über solche Häufigkeiten dazu nutzen konnte, Chiffren zu entschlüsseln – ein Verfahren, das als Häufigkeitsanalyse bekannt ist.

Soweit man weiß, stammt die erste schriftlich festgehaltene Erklärung der Kryptoanalyse aus dem 9. Jahrhundert. Sie wurde von dem arabischen Wissenschaftler und Autor Abu Yusuf Yaqub ibn Ishaq al-Sabbah al-Kindi verfasst und steht in seinem Werk *Abhandlung über die Entzifferung kryptografischer Botschaften.*

Gegenüber: Das goldene Zeitalter des Islam, das von ungefähr 750 u. Z. bis ins 13. Jahrhundert dauerte, war eine Zeit großer Errungenschaften in Wissenschaft, Kunst und Philosophie. Einer ihrer Vertreter war der große Kryptoanalytiker al-Kindi.

Links: Eine Seite aus al-Kindis *Abhandlung über die Entzifferung kryptografischer Botschaften*

Kapitel 2

Erfindungs-reichtum

Wie findige Mönche, Diplomaten und Papstberater die Kryptologie auf den Kopf stellten. Außerdem: die ersten beamteten Codeknacker

Mit der Häufigkeitsanalyse war die Sicherheit, die einfache Verschlüsselungsmethoden zuvor geboten hatten, dahin. Wer jetzt noch die monoalphabetische Substitution nutzte, musste stets damit rechnen, dass die Nachrichten entschlüsselt und vom Feind gelesen wurden.

Die Codeknacker – seinerzeit waren praktisch ausschließlich Männer in diesem Metier tätig – hatten nun also einen Vorteil, aber der währte nicht lange. In Europa hatten mehrere scharfsinnige Amateure bereits die nächste Entwicklung in Gang gesetzt und eine Form der Verschlüsselung geschaffen, die den Methoden zur Zählung der Buchstabenhäufigkeit weitaus größeren Widerstand entgegensetzte.

Päpstliche Verschlüsselung

Diese neue Form der Verschlüsselung lässt sich auf den Vatikan zurückführen. Sie entsprang dem außergewöhnlichen Geist von Leon Battista Alberti, illegitimer Sohn eines reichen Florentiners. Alberti war ein wahrer Renaissancemensch: Seine Begabungen umfassten Architektur, Kunst, Wissenschaft und Justiz. Außerdem war er allen Berichten zufolge ein hochbegabter Codeknacker. Eines Tages ging Alberti mit seinem Freund, dem Papstsekretär Leonardo Dati, in den vatikanischen Gärten spazieren, und dabei kamen sie auf Chiffren zu sprechen. Dati räumte

Gegenüber: Der Renaissancemensch Leon Battista Alberti, ein begabter Codeknacker und Erfinder der Chiffrierscheibe.

Oben: Eine Chiffrierscheibe aus dem 19. Jahrhundert, aufgebaut nach Albertis Entwurfskonzept.

ein, der Vatikan müsse verschlüsselte Nachrichten verschicken – und Alberti versprach, dabei zu helfen. Aus diesem Anlass, so scheint es, schrieb er im oder um das Jahr 1467 einen Aufsatz, der die Grundlagen für eine ganz neue Verschlüsselungsschrift legte. Er erklärte darin sehr eindeutig die Häufigkeitsanalyse und nannte verschiedene Methoden der Entschlüsselung. Außerdem beschrieb er ein Verschlüsselungssystem mit zwei konzentrischen Metallscheiben, die jeweils entlang ihres Umfangs in 24 gleiche Segmente geteilt waren. Die Segmente der äußeren Scheibe enthielten die Buchstaben des Alphabets und die Zahlen 1 bis 4 (**h**, **k** und **y** ließ er weg, und **j**, **u** und **w** kamen im damals verwendeten lateinischen Alphabet ohnehin nicht vor). Die Abschnitte des inneren Kreises enthielten die 24 Buchstaben des lateinischen Alphabets (ohne **U**, **W** und **J**, aber zusätzlich mit **et** = und) in zufälliger Reihenfolge. Wenn man einen verschlüsselten Brief verschicken wollte, las man die Buchstaben oder Zahlen des Klartextes auf der äußeren Platte ab und ersetzte sie dann durch die entsprechenden Buchstaben der inneren Platte. Absender:in und Empfänger:in mussten identische Scheiben besitzen und sich darüber einigen, welche Anfangsposition die beiden Scheiben relativ zueinander einnahmen.

Bis zu diesem Schritt handelt es sich einfach um eine monoalphabetische Substitution. In seinem nächsten Absatz vollzog Alberti aber einen genialen weiteren Schritt: „Wenn ich drei oder vier Wörter geschrieben habe“, schrieb er, „ändere ich die Position des Index in unserer Formel, indem ich an dem Kreis drehe.“ Das mag sich nicht nach etwas Besonderem anhören, aber es hat wichtige Folgen. Für die ersten Buchstaben könnte beispielsweise der Schlüsseltext **k** auf dem inneren Kreis einem **f** im Klartext entsprechen, aber wenn man die Scheiben gegeneinander verdreht, steht das **k** des Schlüsseltextes plötzlich für **t** oder einen beliebigen anderen Buchstaben.

Diese Methode macht es Codeknacker:innen bedeutend schwerer. Jede neue Position der Scheiben erzeugt neue Beziehungen zwischen Schlüssel- und Klartext, das heißt (um ein Beispiel aus der englischen Sprache zu nehmen), das Wort *cat* wird in einem Fall zu **gdi** und in einem anderen zu **alx**. Damit war die Häufigkeitsanalyse weit weniger erfolgreich anzuwenden.

Zusätzlich nutzte Alberti die Zahlen auf dem äußeren Ring als eine Art chiffrierten Code. Bevor er den Klartext verschlüsselte, ersetzte er bestimmte Formulierungen nach einem kleinen Codebuch durch Kombinationen der Zahlen von 1 bis 4. Diese Zahlen wurden dann zusammen mit der übrigen Nachricht verschlüsselt. Albertis bemerkenswerte Leistungen brachten ihm den Titel „Vater der abendländischen Kryptologie" ein. Aber die Evolution der Kryptografie war auch damit nicht zu Ende; der nächste Entwicklungsschritt polyalphabetischer Systeme entsprang der Feder einer ebenso herausragenden Geistesgröße.

Die Tabelle des Trithemius

Der Abt Johannes Trithemius (Johannes von Trittenheim) verfasste das weltweit erste gedruckte Buch über Kryptografie. Er war, gelinde gesagt, eine umstrittene Gestalt, denn er interessierte sich für Okkultismus, was in seinem Freundeskreis zu Bestürzung und bei anderen zu Empörung führte. Seine *Polygraphia,* ein Mammutwerk über das Handwerk der Kryptografie, erschien Anfang des 16. Jahrhunderts, nach seinem Tod, als sechsbändige Reihe. Seine Arbeit formulierte erstmals die heutige Standardmethode zur Erstellung polyalphabetischer Substitutionssysteme, die „quadratische Tafel" oder *Tabula recta* (siehe Seite 48–49).

In den nachfolgenden Jahrzehnten des 16. Jahrhunderts machten die Ideen, die hinter der polyalphabetischen Substitution standen, eine weitere Verfeinerung durch; der Mann, dessen Name dauerhaft mit der quadratischen Tabelle als Form der Verschlüsselung in Verbindung gebracht wurde, war der 1523 geborene Franzose Blaise de Vigenère.

Vigenère war ein französischer Diplomat. Mit der Kryptografie kam er erstmals 1549 im Alter von 26 Jahren in Kontakt, als er sich auf einer zweijährigen Mission in Rom befand. In dieser Zeit las er die Werke von Alberti, Trithemius und anderen wichtigen Autoren, und vielleicht lernte er im Vatikan auch einige Entschlüsselungsexperten kennen. Ungefähr 20 Jahre später zog sich Vigenère vom Leben bei Hofe zurück und begann zu schreiben. Eines seiner mehr als 20 Bücher ist die berühmte, 1586 erstmals erschienene *Traicté des chiffres.*

Codeanalyse
Transpositionschiffren

Das nachfolgende Beispiel für die Funktionsweise des Systems basiert auf einer Nachricht, die Abraham Lincoln Mitte 1863 verschickte. Der Klartext lautete:

> *For Colonel Ludlow.*
> *Richardson and Brown, correspondents of the Tribune, captured at Vicksburg, are detained at Richmond. Please ascertain why they are detained and get them off if you can. The President. 4.30 p.m.* (Für Colonel Ludlow. Richardson und Brown, Korrespondenten der *Tribune,* die in Vicksburg gefangen genommen wurden, werden in Richmond festgehalten. Bitte stellen Sie den Grund dafür fest, und befreien Sie sie, wenn Sie können. Der Präsident. 16.30 Uhr.)

In dem zu jener Zeit verwendeten Codesystem stand VENUS für *colonel,* WAYLAND für *captured* (gefangen genommen), ODOR für *Vicksburg,* NEPTUNE für *Richmond,* ADAM für *the President* und NELLY für *4.30 p.m.* Tauscht man die Wörter entsprechend aus, wird die Nachricht zu:

> *For VENUS Ludlow*
> *Richardson and Brown, Correspondents of the Tribune, WAYLAND at ODOR, are detained at NEPTUNE. Please ascertain why they are detained and get them off if you can. ADAM, NELLY*

Um die Nachricht zu verschlüsseln, wählte der Chiffrierbeamte eine Route. In diesem Fall entschied er sich für eine Route namens GUARD, die erforderte, dass die Nachricht in sieben Zeilen zu je fünf Worten geschrieben wurde, wobei „Nullen", also sinnlose Wörter, hinzugefügt wurden, um das Rechteck zu vervollständigen. In der nächsten Tabelle sind die Codewörter komplett in Großbuchstaben geschrieben.

For	VENUS	Ludlow	Richardson	And
Brown	Correspondents	Of	The	Tribune
Wayland	At	ODOR	Are	Detained
At	NEPTUNE	Please	Ascertain	Why
They	Are	Detained	And	Get
Them	Off	If	You	Can
ADAM	NELLY	THIS	FILLS	UP

Das erste Wort des chiffrierten Textes gibt die verwendete Route an: GUARD; anschließend liest man zum Verschlüsseln die erste Spalte aufwärts, die zweite abwärts, die fünfte aufwärts, die vierte abwärts und schließlich die dritte wieder aufwärts. Um die Sicherheit zu erhöhen, wurde am Ende jeder Spalte ein sinnloses „Nullwort" hinzugefügt:

GUARD ADAM THEM THEY AT WAYLAND BROWN FOR KISSING
VENUS CORRESPONDENTS AT NEPTUNE ARE OFF NELLY TURNING
UP CAN GET WHY DETAINED TRIBUNE AND TIMES
RICHARDSON THE ARE ASCERTAIN AND YOU FILLS BELLY
THIS IF DETAINED PLEASE ODOR OF LUDLOW COMMISSIONER

Damit lautet die fertige Nachricht:

GUARD ADAM THEM THEY AT WAYLAND BROWN FOR KISSING VENUS CORRESPONDENTS AT NEPTUNE ARE OFF NELLY TURNING UP CAN GET WHY DETAINED TRIBUNE AND TIMES RICHARDSON THE ARE ASCERTAIN AND YOU FILLS BELLY THIS IF DETAINED PLEASE ODOR OF LUDLOW COMMISSIONER

Anfangs waren nur drei Buchstabenpaare gesteckert, aber später steigerten die Deutschen diese Zahl auf zehn Paare, und nun entwickelte Zygalski eine andere Methode mit Lochblättern.

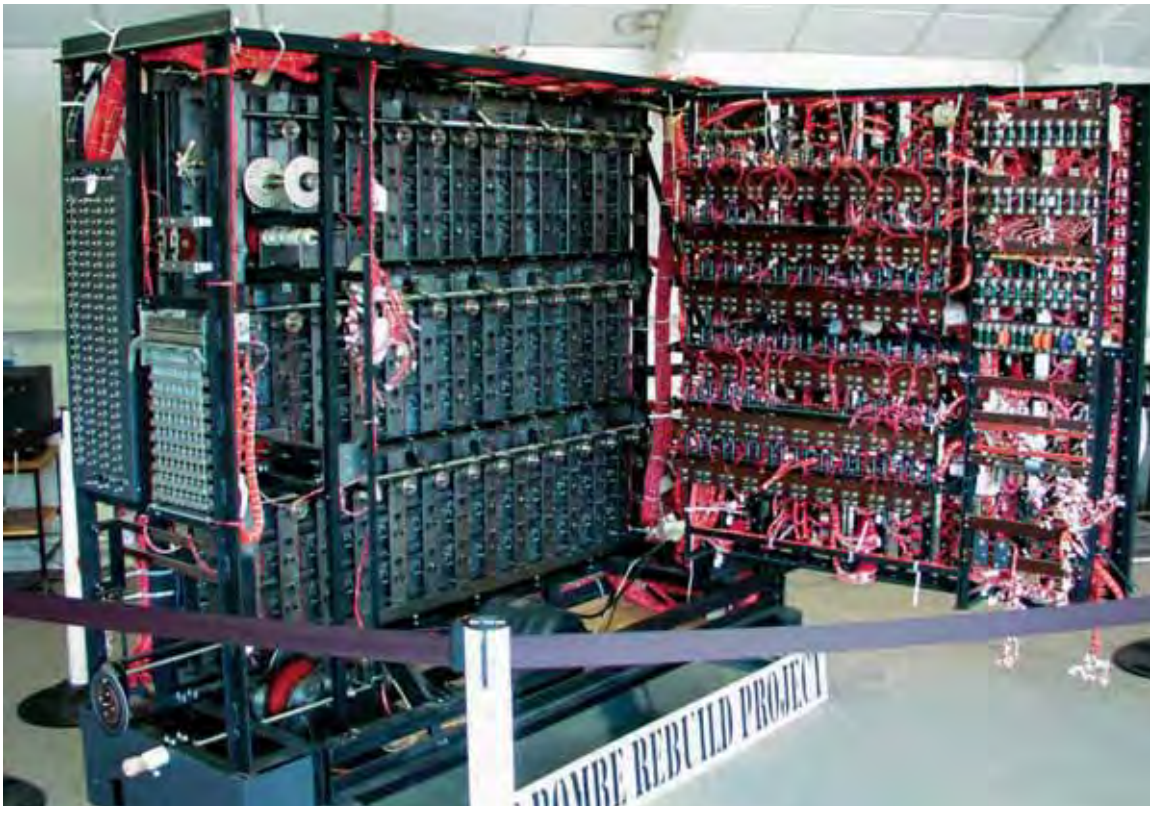
Die Herstellung der „Zygalski-Lochblätter" war sehr zeitaufwendig, denn man brauchte eine große Zahl solcher Blätter, und die Löcher – oft bis zu 1000 in einem Blatt – wurden von Hand mit Rasierklingen durchgestoßen.

Man erstellte 26 Lochblätter, von denen jedes eine mögliche Ausgangsposition des linken Rotors in der Enigma-Maschine repräsentierte. Auf jedem Blatt war ein Gitternetz von 26 × 26 Feldern auf der linken Seite von oben nach unten und oben quer jeweils mit den Buchstaben A bis Z gekennzeichnet. Die Buchstaben auf der linken Seite stellten die Ausgangsposition des mittleren Rotors dar, und die in der obersten Zeile entsprachen den Ausgangspositionen des rechten Rotors.

Dass die Nachricht, die mit AXN EYMEHY beginnt, ein „female" enthält, wissen wir, denn der erste und der vierte Buchstabe für die Einstellungen sind gleich. Demnach muss auf dem Zygalski-Lochblatt, das den Buchstaben **A** in der Position des linken Rotors repräsentiert, ein Loch in dem Gitternetz an der Stelle angebracht werden, wo das **X** auf der linken Spalte und das **N** aus der obersten Zeile zusammentreffen.

Wenn am gleichen Tag noch andere Nachrichten von derselben verschlüsselnden Person verschickt werden und ebenfalls „females" in den Nachrichteneinstellungen enthalten, legen wir die Lochblätter so übereinander, dass die Gitternetze genau deckungsgleich sind. Hält man diesen Blätterstapel gegen das Licht, sind nur die Einstellungen, an denen die Löcher an der gleichen Stelle liegen – sodass das Licht hindurchscheint –, mögliche Einstellungen des jeweiligen Tages. Jedes Blatt, das zu dem Stapel hinzukommt, verringert die Zahl der potenziellen Anfangseinstellungen weiter. Hat man eine ausreichende Zahl von Nachrichten im richtigen Format, kann man letztlich die Anfangseinstellungen ableiten.

Unten: Alan Turing (1912-1954) entwickelte mehrere Methoden, um die deutsche Verschlüsselung zu brechen, darunter die „Bombe", mit der man die Einstellungen der Enigma-Maschine finden konnte.



Oben: Die „Bombe", mit der die Enigma-Einstellungen entschlüsselt wurden.

Im Dezember 1938 konnte man jedoch auch diese Methode nicht mehr anwenden, denn jetzt nahmen die Deutschen an dem System eine neue Verfeinerung vor. Statt drei Rotoren in allen beliebigen Kombinationen zu benutzen, konnten die verschlüsselnden Stationen jetzt drei von fünf Rotoren beliebig auswählen. Damit stieg die Zahl der möglichen Rotoreinstellungen nochmals um das Zehnfache, und die Herstellung der dazu nötigen Lochblätter überstieg die damaligen Möglichkeiten.

Schon bald wurden die Polen von den Ereignissen überrollt. Als die Invasion in ihrem Land bevorstand, erkannten sie, dass sie ihre Erkenntnisse mit anderen teilen mussten. Während Deutschland sich auf den Überfall vorbereitete, gaben die Polen nachgebaute militärische Enigma-Maschinen an die GC&CS und den französischen Geheimdienst.

Die Enigma wird geknackt

Um eine Nachricht zu entschlüsseln, musste die Empfangsstation – und alle, die mithörten – wissen, welche drei Rotoren man bei der Verschlüsselung ausgewählt hatte, welche Positionen sie in der Maschine hatten, wie die drehbaren Kerben eingestellt waren, welche Ausgangs-

Eine Zukunft ohne Verschlüsselung?

Werden Verschlüsselungsmethoden immer mehr an Bedeutung verlieren, weil Unternehmen zunehmend Zugriff auf unsere Online-Daten haben? Wie können wir unsere Privatsphäre zurückgewinnen?

Sollen wir uns Sorgen darüber machen, ob Behörden wie NSA, GCHQ und ihre Pendants in anderen Teilen der Welt wissen, wie sie die asymmetrische Verschlüsselung und andere kryptografische Methoden knacken können? Solche Institutionen verfügen sicher über gewaltige Rechenleistungen und können sie sicherlich einsetzen, um eine Verschlüsselung mit kurzem Schlüssel zu brechen. Das schaffen aber auch alle, deren Prozessor nur lange genug läuft.

Haben diese Behörden einen Weg gefunden, um große Primzahlen zu faktorisieren? Das ist möglich, aber unwahrscheinlich. Eines aber haben sie: Zugriff auf die Hintertüren vieler beliebter Cloud-Dienste. Erinnern wir uns noch an das peinliche Bild, das wir damals bei einem Online-Fotoservice gespeichert hatten? Angenommen, es ergibt sich eine Situation, in der sie herausfinden wollen, welche Nachrichten wir gesendet haben: Können wir davon ausgehen, dass sie nicht darauf zugreifen und es nicht zur Erpressung nutzen? Ebenso lassen sich Sprachassistenten und Smartphones bekanntermaßen mit speziellen Tools in Lauschvorrichtungen verwandeln. Wer braucht da noch eine Verschlüsselung zu knacken?

Wir verzichten in zunehmendem Maß auf unsere Privatsphäre. Spätestens seit dem Skandal um Cambridge Analytica und durch den Aufschwung der zielgerichteten, personalisierten Werbung im Netz wissen wir nur allzu gut, was wir Google, Amazon, Facebook (heute Meta Platforms Inc.), Apple (GAFA bzw. GAMA) und ihresgleichen alles anvertrauen, wenn wir etwas posten oder eine Suchmaschine im Internet nutzen. Die große Frage lautet: Sind unsere persönlichen Vorlieben und Abneigungen so stark mit dem Netz verflochten, dass wir sie nicht mehr davon trennen können? Haben

Oben: Die Logos von Google, Amazon, Facebook und Apple (GAFA)

wir den Schlüssel zu unserem eigenen Ich weggegeben, bevor uns überhaupt klar war, was da geschieht? Ist nichts mehr übrig, was irgendjemand noch enthüllen müsste?

Vielleicht spielt es keine Rolle mehr, ob wir mit Ende-zu-Ende-Verschlüsselung kommunizieren, weil die genannten Unternehmen ohnehin praktisch alles über uns wissen. Das führt zwar dazu, dass wir uns unter anderem mit aufdringlicher Werbung herumschlagen müssen, es bedeutet aber auch, dass man Menschen mit finsteren Absichten herauspicken kann, insbesondere wenn noch ein Hauch von künstlicher Intelligenz in die Datenmischung einfließt.

Eine Ahnung von der Zukunft gab uns vielleicht Sir Tim Berners-Lee, der Erfinder des World Wide Web: Er gab 2018 in seinem Artikel *„One Small Step for the Web …“* auf www.medium.com die Gründung von *Solid* bekannt, einer neuen Initiative zum Schutz privater Daten. Diese überträgt die Kontrolle der Daten von Unternehmen auf die individuelle Person und schafft die Möglichkeit, dass wir den Zugriff auf unsere persönlichen Daten und alles, was wir im Netz posten, selbst unter Kontrolle behalten.

Berners-Lee schrieb dazu: „Ich habe immer geglaubt, dass das Netz für alle da ist. Deshalb kämpfen ich und andere so energisch dafür, es zu schützen. Die Veränderungen, die wir zuwege gebracht haben, haben eine bessere und stärker vernetzte Welt geschaffen. Aber bei allem Guten, was wir erreicht haben, hat sich das Netz auch in einen Motor der Ungleichheit und Spaltung verwandelt, und angetrieben wird er von mächtigen Kräften, die es für ihre eigenen Ziele benutzen. Ich glaube, dass wir heute einen entscheidenden Kipppunkt erreicht haben und dass eine kraftvolle Veränderung zum Besseren möglich und auch notwendig ist.“

REGISTER

Kursive Seitenzahlen verweisen auf Abbildungen.

ÜBER DIE AUTOREN

Stephen Pincock ist ein preisgekrönter Wissenschaftsjournalist und Redakteur bei *Springer Nature.* Er hat zahlreiche Artikel über die Geschichte und Entwicklung der Kryptologie und anderen Technologien geschrieben und ist der Autor verschiedener Sachbücher.

Mark Frary ist ein Wissenschaftsautor, dessen Artikel unter anderem in *The Times* veröffentlicht wurden. Bevor er mit dem Schreiben begann, studierte er Astrophysik und erforschte die Ursprünge des Universums am CERN in Genf. Sein lebenslanges Interesse gilt jedoch der Kryptografie, insbesondere den Anwendungen der Quantenkryptografie.

Im 21. Jahrhundert sind digital verschlüsselte Daten ein fester Bestandteil unseres Alltags. Aber die heutige Zeit hat kein Monopol auf die geheime Übermittlung von Informationen. Schon seit mehr als 2000 Jahren spielen Codes und Chiffren in Kultur, Politik und Spionage eine bedeutende Rolle.

Stephen Pincock und Mark Frary zeichnen diese faszinierende Geschichte nach und spannen dabei den Bogen vom Diskos von Phaistos bis hin zur Quantenkryptografie. Auf dieser Reise durch die Zeit führen sie unter anderem in das geheimnisvolle Voynich-Manuskript ein, schildern, auf welchem Weg die Chiffriermaschine Enigma geknackt wurde, und beleuchten die Entwicklung der Kryptografie im Digitalzeitalter.

Anhand von zahlreichen nachvollziehbaren Beispielen zeigen sie, welche Prinzipien hinter den jeweiligen Verschlüsselungssystemen stehen und wie man manche Codes auch selbst knacken kann.

ISBN 978-3-258-08339-1
9 783258 083391

Haupt