Grosse Zahlen

Albert A. Gächter

Anna verstand alles. Sie fand den Aufbau eines Atoms so einfach, wie ein Kanarienvogel es einfach findet, seine Körner aufzupicken. Sie begriff die Grösse des Universums, und die Unzahl der Sterne entlockten ihr nicht mal einen schnelleren Wimpernschlag. Eddingtons Berechnung, wie viele Elektronen es wohl im Weltall gebe, schien ihr beachtlich, aber doch durchaus überschaubar. Es war nicht einmal schwer, sich eine noch grössere Zahl als diese auszudenken. Anna verstand ohne Schwierigkeit, dass Zahlen unendlich weitergehen und dass es keine Grenze gab. Bald entstand allerdings ein Mangel an Wörtern, um diese immer grösseren Zahlen einigermassen zu bezeichnen. Das Wort "Million" reichte für die meisten normalen Dinge. Eine Billion war schon seltener. Wünschte man aber an eine Zahl zu denken, die noch viel viel grösser als Billionen und Trillionen war, so musste man ein Wort erfinden. Anna erfand die "Squillion". Es war ein sonderbar elastisches Wort. Man konnte es beliebig drehen wie ein neues Gummiband. Und Anna brauchte ein solches Wort dringend.

Dieses schöne Zitat stammt aus dem Buch "Hallo, Mister Gott, hier spricht Anna" von einem irischen Mathematiker mit dem Pseudonym Fynn. Im Gegensatz zu Anna haben viele Menschen keineswegs ein so unverkrampftes Verhältnis zu grossen Zahlen.
Zweck der Zahlen ist es, einige wichtige Aspekte unserer riesigen Welt mit wenigen Symbolen zusammenzufassen. Zahlen gehören zum Alltag der Menschen. Staatsausgaben gehen in die Milliarden. In der Computerbranche sind die Kilobytes längst von den Giga- und Terabytes abgelöst worden. Der Vorstoss ins Universum und in den subatomaren Bereich beschert uns oft unfassbare Zahlenmonster und -winzlinge. Dabei stellen wir fest, dass unsere Vorstellungskraft meistens nicht ausreicht. Bereits die Bezeichnungen Billiarde, Trillion, Quintillion usw. tönen ja wie die Namen ausgestorbener Dinosaurier. Die Verwendung von Taschenrechnern und Computern macht heute viele unkritisch gegenüber den Resultaten. Schätzen von Grössenordnungen wird nicht mehr trainiert. Das sorglose Hantieren mit grossen Zahlen in den Medien ist zum Teil erschreckend.

Folgenden Fragen können im Unterricht angesprochen werden:

- Zahlwörter und Zahlzeichen haben eine lange Geschichte. Weshalb waren sie früher nicht so selbstverständlich wie heute?
- Grosse und kleine Zahlen gehören untrennbar zusammen. Wie äussert sich diese „Dualität" auf der rechnerischen Ebene?
- Wie rechnet man schnell mit grossen Zahlen?
- Womit werden grosse Zahlen erzeugt?
- Wie kann man grosse Zahlen veranschaulichen?
- Wie lernt man Grössenordnungen zu schätzen?
- Gibt es Anwendungen für riesige Zahlen?

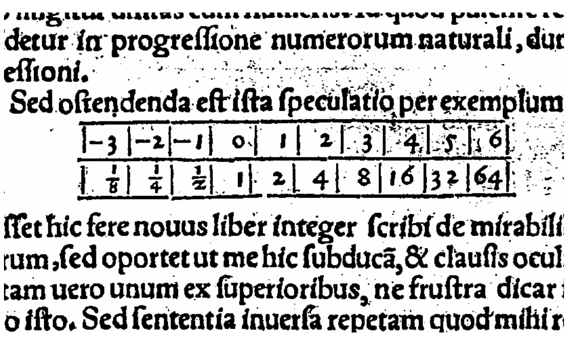
Einige Anregungen zur Behandlung grosser Zahlen sind im Folgenden zusammengestellt. Dazu passende Aktivitäten kann die Lehrperson sicher selber finden.

Die Sandzahl des Archimedes

In seiner Schrift “Die Sandzahl” unternimmt Archimedes den Versuch, neue Zahlworte und Zahlen zu schaffen, welche die alltäglichen Vorstellungen der Griechen bei weitem übertrafen. Was eine Myriade, das heisst 10 000 überstieg, konnte damals nicht mehr vernünftig benannt und geschrieben werden. So schuf Archimedes ein neues eigentümliches Zahlensystem, welches die Zahlworte, nicht aber die Zahlzeichen für grosse Zahlen lieferte. Er schrieb:
Etliche glauben, König Gelon, dass die Zahl der Sandkörner unendlich sei. Ich spreche dabei nicht allein vom Sand um Syrakus und im übrigen Sizilien, sondern auch von dem Sande der ganzen bewohnten und unbewohnten Erde. Andere gibt es, die zwar nicht der Ansicht sind, dass die Zahl der Sandkörner unendlich sei, die aber meinen, dass es keine so grosse Zahl gebe, die die Zahl der Sandkörner übertreffe. Es ist klar, dass die Vertreter dieser Ansicht, wenn sie sich eine Kugel aus Sand vorstellten, so gross wie die Erdkugel, nachdem in dieser die Meere und alle Vertiefungen bis zur Gipfelhöhe der höchsten Berge aufgefüllt wären, um so mehr der Ansicht wären, dass keine Zahl namhaft gemacht werden könne, die grösser wäre als die Zahl der Sandkörner dieser Kugel.
Mit kunstvollen Abschätzungen kam Archimedes zum Schluss, dass in der vom Astronomen Aristarch berechneten Fixsternsphäre mit der heute üblichen Schreibweise 10^{63} Sandkörner Platz finden. Als Zugabe konstruierte er noch die Zahl 10 hoch 80 Billiarden. Wahrlich gigantisch! Den Schluss der Abhandlung bilden die zwei folgenden Sätze:
Ich glaube, König Gelon, dass dies der Menge der nicht mathematisch gebildeten Menschen unglaublich erscheinen wird, den mathematisch gebildeten Menschen, die über die Abstände und die Grössenverhältnisse der Erde, der Sonne, des Mondes und des ganzen Weltalls nachgedacht haben, aber keineswegs. Deshalb glaubte ich, dass es auch dir wünschenswert sein würde, dies zu erkennen.
Archimedes träufelt Honig auf die Zunge seines Sponsors!

Ein Wanderprediger hilft weiter

19. Oktober 1533. Pfarrer Michael Stifel hatte auf 8 Uhr den Weltuntergang prophezeit. Der Tag war schön angebrochen, aber nichts geschah. Um 9 Uhr nahmen die kurfürstlichen Reiter aus Wittenberg den enttäuschten Stifel vor der wütigen Menschenmenge in Schutzhaft. Dank der Fürsprache seines Freundes Luther musste Stifel nicht sterben, sondern durfte in Holzdorf weiter als Pfarrer wirken. 1544 erschien seine *Arithmetica integra*, ein Algebrawerk mit vielen neuen Gedanken. Im 3. Buch zeigt er fast beiläufig eine unscheinbare Tabelle. Die obere Zeile enthält eine gleichabständige (arithmetische) Folge, die untere eine gleichverhältige (geometrische) Folge. Dabei entsprechen sich die 0 und die 1. Oben schreitet man vorwärts durch die Addition von 1, unten durch Multiplikation mit 2.


detur in progreſſione numerorum naturali, dur
eſſioni.
Sed oſtendenda eſt iſta ſpeculatio per exemplum

-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	64

ſſet hic fere nouus liber integer ſcribi de mirabili
rum, ſed oportet ut me hic ſubducã, & clauſis ocul
tam uero unum ex ſuperioribus, ne fruſtra dicar
o iſto. Sed ſententia inuerſa repetam quod mihi r

Stifel schreibt, dass Multiplikationen und Divisionen in der geometrischen Folge durch Additionen und Subtraktionen in der arithmetischen Folge geleistet
werden können. Um z.B. 2 mal 16 auszuführen, addiert man die darüber stehenden Zahlen 1 und 4. Unter der 5 steht dann das Resultat 32. Möchte man 32 durch 4 teilen, so subtrahiert man die oben stehenden Zahlen 5 und 2. Unter der 3 findet sich das Ergebnis 8. Sind die Glieder der geometrischen Folge als Potenzen geschrieben, so zeigt sich die ganze Tragweite der Überlegungen von Stifel. Potenzen mit gleicher Basis können multipliziert, dividiert oder potenziert werden, indem man mit den Exponenten eine Stufe tiefer rechnet!
Damit gab Michael Stifel die eigentliche Initialzündung für eine Idee, welche das Rechnen mit grossen Zahlen in Zukunft revolutionieren sollte: die *Logarithmen*.

Achtung Vertauschung!

Es gibt genau 24 Möglichkeiten, die Buchstaben des Wortes AMOR zu vertauschen. Auf dem ersten Platz können 4 Buchstaben stehen. Ist dieser gewählt, bleiben für den 2. Platz nur noch 3 Buchstaben übrig. Für den 3. Platz dann 2 und zuletzt ein einziger Buchstabe. Wir erhalten demnach 4*3*2*1 = 24 Möglichkeiten (Permutationen, Vertauschungen). Christian Kramp hat im Jahre 1808 dafür ein neues Symbol geschaffen und es “Fakultät” getauft.
4! = 1*2*3*4 (lies: 4 Fakultät). Diese Produkte mit fortlaufenden Faktoren nehmen wertmässig schnell zu. 20! ist bereits 2 432 902 008 176 640 000.
Wir kennen die genaue Sitzordnung der Jünger beim letzten Abendmahl nicht. “Er setzte sich zu Tische mit den Zwölfen” heisst es bei Matthäus 26, 20. Wieviele verschiedene Anordnungen waren möglich, wenn wir annehmen, dass Jesus seinen festen Platz inne hatte?
Es gibt 12! = 479 001 600 Vertauschungen von 12 Personen. Hätten die Jünger alle 5 Minuten eine neue Sitzordnung eingenommen, wären sie noch bis zum Jahre 4557 damit beschäftigt!
Auch Folgen und Reihen stellen Generatoren für grosse Zahlen dar. Nehmen wir an, dass jemand für uns am 1. Jan. des Jahres 1 einen Räppler zu 5% Zins angelegt hat. Über welches Kapital können wir nach 2000 Jahren verfügen?
a) Bei einfacher Verzinsung erhalten wir den ursprünglichen Räppler plus 2000 mal den Zins im Wert von 0.05 Rp pro Jahr. Dies ergibt den stolzen Betrag von ca. 1 Franken!
b) Mit Zinseszins erwarten wir natürlich etwas mehr. Nach jedem Jahr wird das Kapital mit 1.05 multipliziert. 2000 Jahre machen aus dem Räppler einen Betrag von 1.05^{2000}Rappen. Dies sind $2.39*10^{40}$ Fr.
Können wir uns solche Beträge noch vorstellen?

Veranschaulichung

Mathematiker kennen verschiedene Möglichkeiten, um eine Vorstellung von grossen Zahlen zu gewinnen. Sie schliessen diese in nummerierte Käfige ein, erzeugen eine repräsentative Graphik oder vergleichen mit einer vertrauten Situation. Im obigen Beispiel könnten wir uns bei einem günstigen Goldpreis von 15 000 Fr. pro kg mit $2.39*10^{40}$ Fr. etwa 80 Milliarden Erdkugeln aus purem Gold leisten.
Nach einem Bericht des Historikers Ja’qubi (um 880) hat Qaflan für die Tochter des Königs Balhait das Schachspiel erfunden. Als Belohnung hatte er einen Wunsch frei. Qaflan erbat sich Weizenkörner und zwar so, dass auf das erste Feld des Schachbrettes ein Korn, auf das zweite zwei Körner usw. gelegt werden, d. h. auf jedes Feld doppelt soviele wie auf das vorhergehende Feld. Auf dem gesamten Schachbrett befinden sich dann total

18 446 744 073 709 551 615

Weizenkörner. Rechnet man 16 Körner auf einen Kubikzentimeter und füllt Güterwagen à 100 m^3 (grosszügig) und 15 m Länge, so dauert die Vorbeifahrt des Güterzuges mit 100 km/h etwa 170 Jahre!

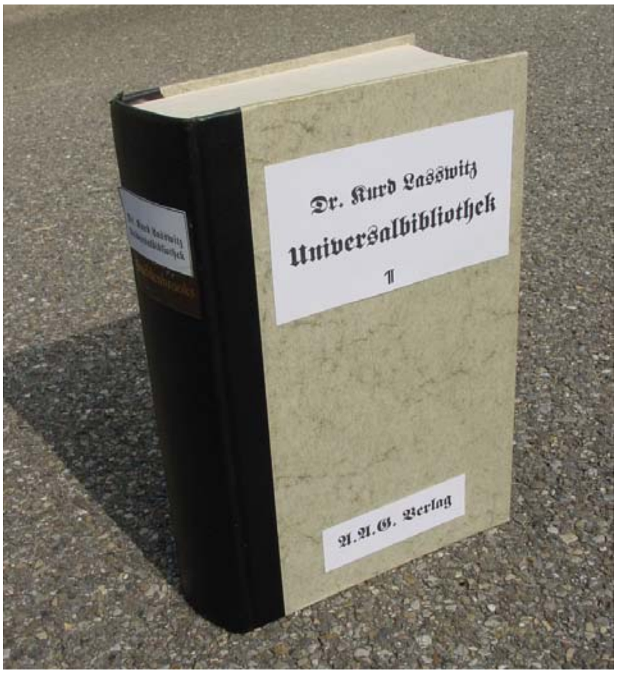
Der Traum einer Universalbibliothek

Um 300 v. Chr. entstand in Alexandria die bedeutendste Bibliothek der Antike. In mehr als einer halben Million Rollen wurde beinahe das ganze damalige griechische Schrifttum gesammelt. Zudem übersetzte man fremdsprachige Werke. Für die herausragende Bedeutung der Bibliothek war nicht nur ihre Grösse verantwortlich. Zum ersten Mal in der Geschichte hatte man sorgfältig katalogisiert und bibliographiert. Leider wurde dieses Zentrum der Wissenschaft im Jahre 272 infolge von Kriegswirren ein Raub der Flammen.
Mit internationaler Unterstützung konnte kürzlich die neue Alexandrinische Bibliothek eröffnet werden.
Der Traum einer Bibliothek, wo alles Wissen dieser Welt gesammelt und geordnet vorliegt, beschäftigt seit Jahrtausenden die Menschheit. Mit dem Buchdruck nahm die Wissensproduktion zu und das Wissen wurde überall und mit identischem Inhalt verfügbar. Um 1550 herum veröffentlichte Konrad Gesner eine vierbändige "Bibliotheca Universalis", worin er sämtliche damals bekannten griechischen, lateinischen und hebräischen Werke verzeichnete.
Die zahlreichen virtuellen Bibliotheken, welche heute im WWW entstehen, haben ihre Vorläufer in der Idee der Enzyklopädie. Als berühmtestes Beispiel gilt diejenige von Diderot und d'Alembert, welche zwischen 1751 und 1772 erschien und den "Aufbau und Zusammenhang der menschlichen Kenntnisse" aufzeigt. Das Werk besteht aus 17 Bänden mit Text und 11 Bildbänden. Zum ersten Mal wurde ganz konsequent die Idee der Hyperlinks (Verweise) eingesetzt. Diese Art der "Verkettung" von Artikeln kann man lückenlos von den ersten Prinzipien eines Fachgebietes bis zu ihren weitläufigen Konsequenzen vordringen und allenfalls wieder den Weg zurück einschlagen.
Die Digitalisierung der Information scheint im Moment den Traum einer Universalbibliothek neu zu beleben. Von einer "Weltbibliothek Internet" sind wir aber noch weit entfernt.

In der ersten Nummer der *Ostdeutschen Allgemeinen Zeitung* von Breslau erschien am 18. Dezember 1904 ein Artikel mit dem Titel "Die Universalbibliothek". Der Autor Prof. Lasswitz lässt in einer Plauderei den fiktiven Professor Wallhausen mit einigen Bekannten auftre-

ten. Sie diskutieren über eine Bibliothek, welche sämtliche bereits geschriebenen Bücher, aber auch alle jene Werke enthält, die in Zukunft noch geschrieben werden. Darin findet sich alles: vom absoluten Blödsinn bis zum preisgekrönten Bestseller, der Band mit lauter Gedankenstrichen ebenso, wie Goethes Faust II ohne Schlusspunkt.
Jeder Band der Universalbibliothek enthält 1 Million Zeichen. Als Ferienlektüre empfiehlt sich das Buch mit lauter Gedankenstrichen. Redegewandten Politikern drängt sich das Exemplar mit vielen ä geradezu auf. Rechtschreibereformen werden überflüssig, weil alle möglichen Schreibweisen milliardenfach schwarz auf weiss belegt sind...
Denn in unserer Bibliothek steht ja nicht nur alles Richtige, sondern auch alles Falsche. “ ...
“Da rechne es nur mal aus, wieviel Bände es sind”, sagte die Hausfrau. “Denn dieses weisse Papier lässt Dir doch eher keine Ruhe”.
“Das ist ganz einfach, das kann ich im Kopfe machen”. “...Und da wir eine Million Stellen im Bande zur Verfügung haben, so entstehen so viel Bände, als eine Zahl angibt, die man erhält, wenn man 100 ein Millionenmal als Faktor setzt. Da 100 aber zehn mal zehn ist, so bekommt man dasselbe, wenn man die Zehn zweimillionenmal als Faktor schreibt. Das ist also einfach eine Eins mit zwei Millionen Nullen. Hier steht sie: Zehn hoch zwei Millionen: $10^{2\,000\,000}$.”
“Die Zahl würde im Druck etwa eine Länge von vier Kilometer erreichen.” ...
“Ihr wisst, dass das Licht in einer Sekunde 300 000 Kilometer durchläuft, also in einem Jahre ungefähr fünf Billionen Kilometer, was gleich einer halben Trillion Zentimeter ist. Wenn also der Bibliothekar mit der Geschwindigkeit des Lichtes an unserer Bändereihe entlang saust, so würde er doch zwei Jahre brauchen, um an einer einzigen Trillion Bände vorüber zu kommen.

Im Vergleich mit $10^{2\,000\,000}$ erscheint der Vorstoss von Archimedes ins Zahlenreich mit seiner Luxuszahl von $10^{80\,000\,000\,000\,000}$ geradezu pionierhaft.



Dem Autor ist es durch einen Glücksfall gelungen, antiquarisch den ersten Band der Universalbibliothek zu erwerben. Dieses sehr meditative Buch enthält lauter leere Seiten.

Den Traum von einer Universalbibliothek haben andere auch geträumt. 1941 schrieb der Argentinier Jorge Luis Borges die Erzählung “Die Bibliothek von Babel”. Darin entwirft er seine phantastische Vision wie folgt:

Das Universum (das andere die Bibliothek nennen) setzt sich aus einer unbegrenzten und vielleicht unendlichen Zahl sechseckiger Galerien zusammen ... Von jedem Sechseck kann

man die unteren und oberen Stockwerke sehen: ohne ein Ende... In dem Gang ist ein Spiegel, der den Schein getreulich verdoppelt. Die Menschen schliessen gewöhnlich aus diesem Spiegel, dass die Bibliothek nicht unendlich ist (wäre sie es in der Tat, wozu diese scheinbare Verdoppelung?) ... Auf jede Wand jeden Sechsecks kommen fünf Regale; jedes Regal fasst zweiunddreissig Bücher gleichen Formats; jedes Buch besteht aus vierhundertzehn Seiten, jede Seite aus vierzig Zeilen, jede Zeile aus etwa 80 Buchstaben von schwarzer Farbe...
Als verkündet wurde, dass die Bibliothek alle Bücher umfasse, war der erste Eindruck ein überwältigendes Glücksgefühl. Alle Menschen wussten sich Herren über einen unversehrten und geheimen Schatz... Auf die überschwengliche Hoffnung folgte ganz natürlich übermässige Verzagtheit. Die Gewissheit, dass irgendein Regal in irgendeinem Sechseck kostbare Bücher barg, dass aber diese Bücher unzugänglich waren, erschien nahezu unerträgllich... Andere waren umgekehrt der Meinung, zuallererst müssten die überflüssigen Bücher ausgemerzt werden. Sie brachen in die Sechsecke ein, zeigten nicht immer falsche Beglaubigungsschreiben vor, blätterten verdrossen in einem Band und verdammten ganze Regale. Ihr hygienischer Asketeneifer trägt die Schuld daran, dass Millionen Bücher sinnlos vernichtet wurden... Die Bibliothek ist so gewaltig an Umfang, dass jede Schmälerung durch Menschenhand verschwindend gering ist...

Es ist amüsant zu lesen, wie Borges die Beschreibung seiner Universalbibliothek mit gesellschaftskritischen Anmerkungen verwebt.
Bei Lasswitz und Borges erhebt sich die bange Frage: Wie sieht ein Katalog aus, in welchem alle Bücher aufgeführt sind? Enthält dieser Katalog sich selber?
Mit dem Brand der Bibliothek von Alexandria ging ein gewaltiges kulturelles Erbe jener Zeit verloren. Was bleibt ist die Gewissheit, dass es eine Universalbibliothek nie geben wird - auch keine digitale - denn jede Bibliothek ist immer auch ein Teil des kollektiven Gedächtnisses einer Gesellschaft. Und dieses ist beschränkt.

Von der Enigma bis zur Homöopathie

Die Frage muss kommen: Welchen Nutzen haben grosse Zahlen? Wenn Zahlen zum Zählen da sind, weshalb interessiert man sich für Zahlen grösser als 10^{120}? Stopft man nämlich das gesamte Weltall voll mit “Weizsäckerschen Urs”, den kleinsten physikalisch möglichen Teilchen, so benötigt man weniger als 10^{120} Exemplare.

►Mathematiker sind stets auf der Suche nach Mustern und Gesetzmässigkeiten. Obgleich einige Stellen für den Alltag genügen, kennt man von der Zahl π momentan 68.7 Milliarden Stellen. π ist vermutlich das älteste Forschungsobjekt der Mathematik. Die Ziffernfolge 0123456789 z. B. tritt nicht vor der 17 Milliardsten Stelle auf. Nebst solchen innermathematischen Interessen gibt es handfeste Anwendungen, welche mit grossen Zahlen arbeiten.

►Zur Speicherung riesiger Datenmengen dienen heute Datenträger mit Terabytes und mehr. Eine herkömmliche Festplatte besteht in der Regel aus mehreren Scheiben, welche sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von maximal 10 000 Umdrehungen pro Minute drehen. Dabei sausen die Ableseköpfe in einer Entfernung von nur 0.0003 mm über die Scheiben (Vergleich: ein Menschenhaar besitzt einen Durchmesser von etwa 0.1 mm).

►Wer heute E-mails verschickt, Online-Banking betreibt, per Internet einkauft oder an der Tankstelle mit der Kreditkarte Treibstoff bezieht, möchte sicher sein, dass niemand sich betrügerisch einmischt und Daten verfälscht oder stiehlt. Wie kann diese Sicherheit gewährleistet werden? Die Übertragungskanäle des World Wide Web (WWW) sind “offen wie Scheunentore" und mit geringem Aufwand anzuzapfen. Eine gute Antwort heisst Verschlüsselung. Moderne kryptologische Verfahren arbeiten mit grossen Zahlen. 1978 legten die Mathematiker Rivest, Shamir und Adleman ein Verfahren vor, das Primzahlen von der Grössenordnung 10^{200} verwendet. Es existiert noch kein Algorithmus, welcher innert nützlicher Frist ein Produkt von zwei solchen Primzahlen wieder in ihre Faktoren zerlegt. Bei einer neueren Methode kommen elliptische Kurven zum Zuge. Man beginnt mit einem Punkt auf der Kurve. Dieser wird mit einer geheimen Zahl von der Grösse 10^{60} multipliziert. Das Ergebnis ist ein neuer Kurvenpunkt. Aus der Kenntnis der Punkte ist es nicht möglich, diesen geheimen Multiplikator ausfindig zu machen.

►Östlich von Kap Farvel (Grönland) muss das deutsche U-Boot U 110 am 9. Mai 1941 nach stundenlanger Jagd mit Wasserbomben der Engländer auftauchen. Sofort wird es durch die Korvette "Aubrietia" unter Beschuss genommen. Kommandant Julius Lemp und die Besatzung verlassen schwimmend das torkelnde Boot, dessen Sprengung sie befehlsgemäss vorbereitet haben. Der Zerstörer "Bulldog" dreht bei, um die Deutschen aufzunehmen und das U-Boot zu entern. Seit Monaten suchen die Engländer eine Gelegenheit, die Codebücher, den Marine-Funkschlüssel und das Chiffriergerät "Enigma" mit allem Zubehör zu entwenden. Als Lemp merkt, dass sein U-Boot vor der Explosion geentert wird, versucht er zurück zu schwimmen. Er wird von den Briten erschossen. Nach vier Stunden gefahrvoller Arbeit ist das geheime Material in britischem Besitz. Kein Deutscher weiss etwas davon. Die Marine hätte sonst ihren Code radikal umgestellt.
Die Enigma (lat. aenigma: Rätsel) wurde vom deutschen Militär während des zweiten Weltkrieges verwendet, um seine Funksprüche zu verschlüsseln. Wie die einzelnen Buchstaben auf einem Rotor miteinander verdrahtet waren, gehörte zu den ganz streng gehüteten Geheimnissen. Deshalb erhielten die deutschen U-Boot Kommandanten den Befehl, in kritischer Lage die Rotoren sofort zu zerstören oder zu versenken.
Anfänglich kamen drei feste Rotoren zum Einsatz. Dies ergab bereits 26*26*26 = 17 576 verschiedene Verdrahtungen. Später wurden sie auswechselbar gemacht, was die Möglichkeiten auf das Sechsfache steigerte. Im Verlaufe des Krieges kamen weitere Walzen dazu. Mit der revolutionären Idee des Steckbrettes stieg die Zahl der Verschlüsselungsvarianten ins astronomische.

Die Deutschen waren bis 1974 (!) der Meinung, dass ihre Enigma mit weit über einer Trillion Möglichkeiten der Verschlüsselung absolut unknackbar gewesen ist.

Sie irrten sich. Ab August 1939 wurde im Gut Bletchley nördlich von London mit Hochdruck an der Entschlüsselung von Enigma-Funksprüchen gearbeitet. Dank genialer Vorarbeit dreier polnischer Mathematiker wusste man bereits viel über die Wirkungsweise und Schwachstellen des Gerätes. Zur Schlüsselfigur im wahrsten Sinn des Wortes im Bletchley-Park avancierte der junge englische Mathematiker Alan Turing. Er konstruierte die sog. bombes, technisch heikle Apparate, welche in den Tausenden von täglich aufgefangenen Sprüchen nach bestimmten Mustern suchten. Seit 1940 konnten die Briten Enigma-Funksprüche in immer grösserem Masse mitlesen.
Das Brechen der Enigma-Verschlüsselung hat den Krieg wohl um Jahre verkürzt und viele Menschenleben gerettet.

►Der Meissner Arzt Samuel Hahnemann gilt als Begründer der Homöopathie. Das Wort bedeutet “ähnliches Leiden”. Zur Behandlung von Krankheiten dürfen nur solche Medikamente in geringen Dosen verabreicht werden, welche in höheren Dosen beim Gesunden ein ähnliches Krankheitsbild hervorrufen. Nimmt man z. B. homöopathisch zubereitetes, stark verdünntes Bienengift ein, so werden die Folgen von schädlichen Einflüssen behoben, welche gleiche oder ähnliche Beschwerden provozieren wie Bienengift. Die Verabreichung erfolgt in sehr starker Verdünnung, den sogenannten Potenzen. Bei den C-Potenzen (Centesimal, 100) wird 1 Teil Substanz mit 99 Teilen Verdünnungsmedium gemischt, dann verschüttelt oder verrieben und der Vorgang wiederholt (bei C 200 z. B. 200 mal; die Konzentration des Wirkstoffes ist damit auf 1durch 10^{400}gesunken!).

Zum Schluss unserer Reise ins Zahlenland lassen wir Christian Morgenstern zu Wort kommen:

Anto - Logie

Im Anfang lebte wie bekannt,
als grösster Säuger der Gig-ant.

Wobei gig eine Zahl ist, die
es nicht mehr gibt, - so gross war sie!

Doch jene Grösse schwand wie Rauch.
Zeit gab’s genug - und Zahlen auch.

Mit Anna haben wir begonnen, mit Anna hören wir auf:

Es machte mir mehr und mehr Spass, auf Antworten Squillionen von Fragen zu wissen... Nur das andere Ende der Skala machte mir Sorgen. Ich fand keine einzige Antwort, auf die es nur eine einzige Frage gab.

Haben Sie noch Fragen?

Referenzen:

Bauer, Friedrich L.: Entzifferte Geheimnisse. Springer, 2000.
sehr ausführlich; viel Mathematik; gute Bilder
Czwalina, Arthur: Archimedes, Werke, Wissensch. Buchgesellschaft Darmstadt, 1967.
Deutsche Übersetzung mit Zeichnungen und Anmerkungen
Kippenhahn, Rudolf: Verschlüsselte Botschaften. rororo science 1890, 1997.
günstig; gut und sehr anschaulich geschrieben; empfehlenswert auch als Schullektüre
Kracke, Helmut: Mathe-musische Knobelisken. Dümmler, 1982.
Mathematik, gewürzt mit literarischen Ergüssen; schöne Beispiele und Ideen
Odermatt C., Späni A.: Homöopathie, Gremag, 1996.
Arzneimittelberatung mit schönen Fotos und Kurzbeschreibung der Wirkstoffe

U-571 DVD
filmische Aufbereitung der historischen Kaperung des U-Bootes U-110; spannend nachempfunden; viel gutes Zusatzmaterial