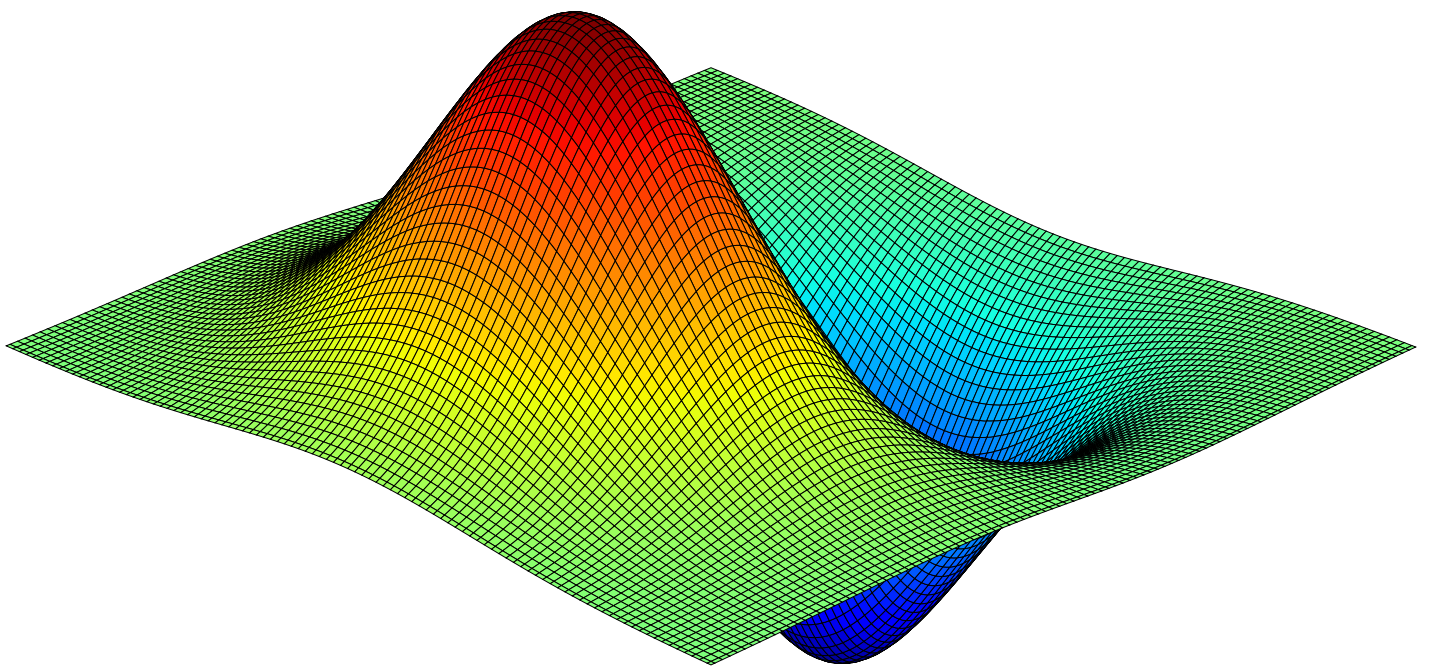


Trivial

Das Magazin



Prolog

Was ist TRIVIAL?

Dies ist eine ausgezeichnete Frage, auf die wir selbst auch noch keine vollständige Antwort haben.

Erstmal vorweg möchten wir sagen, dass wir mit keinem der folgenden Artikel einen Anspruch auf Vollständigkeit oder fachliche Korrektheit haben. Es wird hier vereinfacht werden! Wir werden auch nicht mit Formeln um uns schmeißen. Dies ist kein Fachbuch oder Fachjournal und möchte auch keins sein.

Unser persönliches Ziel ist es, sich auf eine kulturell moderne und teils humoristische Art mit dem Thema "Wissenschaft", ganz spezifisch der Mathematik und der Physik, auseinanderzusetzen.

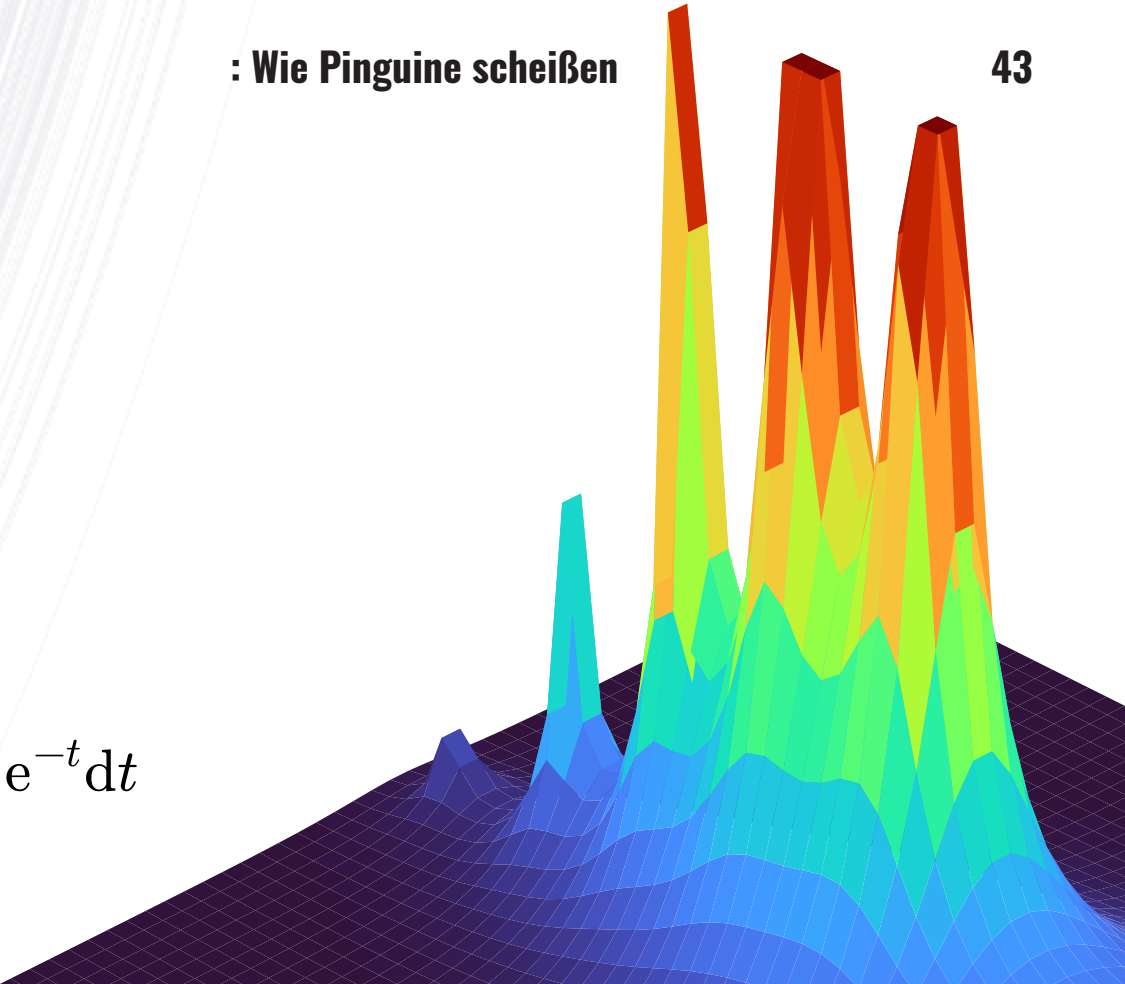
Uns stört seit Jahren der Umgang mit teils komplexen Themen (vor allem Quantenphysik!) in der Pop Science. Außerdem gibt es kaum Lese-Optionen, sich tiefgehend mit einem Thema auseinanderzusetzen, ohne Journals zu lesen. Deswegen nehmen wir das Ruder selbst in die Hand mit der Behauptung: Wir können es besser!

Dabei ist es natürlich relevant auch zu klären, an welche Zielgruppe sich dieses Magazin richtet. So verallgemeinernd kann man das natürlich schwer sagen, aber wir streben an, dass dieses Magazin von Wissenschaftsinteressierten allen Alters und aller Bildungsgrade nachvollziehbar ist. Dabei versuchen wir nie zu viel Wissen vorauszusetzen, können aber vorweg gleich mitgeben, dass man dieses Magazin keinem Kleinkind als "erste wissenschaftliche Lektüre" geben sollte. Es wird eher der Fall sein, dass man ein gewisses "Szene-Kenntnis" benötigt, um sich in einigen Artikeln zurechtzufinden. Dabei ist jeder Artikel losgelöst von den anderen, wenn man nur Interesse am letzten Artikel dieser Zeitschrift hat, dann kann man theoretisch direkt zu diesem springen. Natürlich sollte man dann ein schlechtes Gewissen haben, weil man unzählige Perlen verpasst hat, aber theoretisch ist es möglich.

Artikelübersicht

1.	Millennium Prize Introductions	: Die Riemannsche Vermutung	1
2.	Die G's der Mathematik	: Alexander Grothendieck	11
3.	Lustige Witzbilder	: Das Russellsche Paradoxon	19
4.	Die Formel der Ausgabe	: Eulersche Produkt des Sinus	21
5.	Underrated	: Leonardo Fibonacci	25
6.	Kuriositäten der Mathematik	: Die Mertenssche Vermutung	31
7.	Politik und Wissenschaft	: Der aufgegesene Mathematiker	35
8.	Als Wissenschaft falsch lag	: Die Äthertheorie	37
9.	Weird Papers	: Wie Pinguine scheißen	43

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt$$



Die Riemannsche Vermutung

Die Riemannsche Vermutung gilt unter Mathematikerinnen und Mathematikern als der heilige Gral. Die TRIVIAL-Redaktion versucht mit diesem Artikel einen kleinen Einblick in die riesige Welt der Riemannschen Vermutung zu geben.

Hast du dich jemals gefragt, was passiert, wenn man alle positiven ganzen Zahlen addiert? *Da kommt doch sicherlich einfach unendlich raus.* Würde man meinen! Und das stimmt auch eigentlich (bitte behauptet in der Analysis I nichts anderes). Doch mit bestimmten mathematischen Spielereien lautet das Ergebnis $\frac{-1}{12}$. Warum? Und was hat das mit Primzahlen und einer Million Dollar zu tun? Einige Fragen hierzu sind noch nicht geklärt und vieles wissen auch Mathematiker noch nicht, obwohl seit mehr als 150 Jahren daran geforscht wird. Im folgenden Artikel wird es um die Zeta-Funktion gehen und warum sie mathematisch von höchster Bedeutung ist.

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$$

Hier ist eine unendliche Summe zu sehen, häufig in der Mathematik mit dem großen Sigma Σ geschrieben. Unter dem Σ -Zeichen wird angegeben, was der erste Wert von n in der Summe sein soll, darüber, was der maximale Wert sein soll. Das, was nach dem Zeichen kommt, wird wieder und wieder (in diesem Fall unendlich mal) addiert, nur der Wert für n steigt jedes Mal um 1. Der gesamte Funktionswert ist - wie bei ganz normalen Funktionen auch - von einer Variable abhängig. Während üblicherweise Funktionen mit $f(x)$ geschrieben werden, ist die Schreibweise hier:

$$\zeta(s)$$

(Gesprochen Zeta von s)

Bei einigen Summen wissen wir, dass sie sich keinem Grenzwert annähern, sie divergieren. Bei anderen Summen ist jedoch bekannt, dass sie sich einem Grenzwert annähern, ihn aber nie erreichen, auch Konvergenz genannt. Um zu bestimmen, ob eine Summe konvergiert oder divergiert, hat der französische Mathematiker und überzeugter Royalist Cauchy ein Kriterium erfunden.

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \in \mathbb{N} \quad \forall n, m \geq N : |a_n - a_m| < \varepsilon$$

Das Cauchy-Kriterium für Stetigkeit, ein Altraum für jeden in Ana I

Nun wissen wir also, was Summen sind und wie sie sich verhalten. Aber was genau macht jetzt die Zeta-Funktion so besonders dabei?

Der schweizer Mathematiker Leonhard Euler, der vor fast 300 Jahren diese Funktion untersucht hat, fand heraus, dass sie für einen Wert der Potenz s über 1 konvergiert. Euler hat ebenso weitere Forschungen angestellt und herausgefunden, dass sich die Funktion für den Wert $s=2$ $\frac{\pi^2}{6}$ annähert (man siehe die Formel der Ausgabe, Seite 21).

Auch weitere Werte für die Zeta-Funktion, wenn s gerade und positiv ist, konnte er berechnen, schließlich stellte er hierfür eine Formel auf. Für ungerade Werte ist allerdings bis heute keine Formel und kein Muster bekannt, diese Werte müssen individuell berechnet werden. Seit fast 300 Jahren scheitern Mathematiker an dieser Frage, doch es wird noch tiefer gehen.

$$\zeta(2n) = (-1)^{n-1} \frac{(2\pi)^{2n}}{2(2n)!} B_{2n},$$

Mit dieser Formel konnte Euler für alle geraden natürlichen Zahlen Werte der Zetafunktion berechnen.

Das B steht hier für die Bernoulli-Zahlen.

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \prod_{p \text{ prime}} \frac{1}{1 - p^{-s}},$$

Allerdings war es für Euler nicht genug, nur die Zahlen größer als 1 damit zu untersuchen. Er wollte mehr herausfinden. Um dies zu tun, erfand er kurzerhand das Euler Produkt. Es funktioniert genauso wie die unendliche Summe, nur werden die Teile multipliziert, statt addiert. In diesem Fall steht p prime dafür, dass nur alle Primzahlen hier auftauchen, statt wie bei der Summenformel alle ganzen positiven Zahlen. Mit diesem Produkt konnte er einerseits auf eine neue Weise beweisen, dass es unendlich viele Primzahlen gibt. Andererseits hatte er einen größeren Überblick auf die verschiedenen Werte der Zetafunktion. Denn auch wenn weiterhin nur Werte für s größer als 1 konvergiert haben, konnte er trotzdem durch analytische Fortsetzung neue Werte erschließen. Auch für negative Werte von s ! Das Ziel von analytischer Fortsetzung ist, eine Funktion über ihren bisherigen Definitionsbereich hinaus zu beschreiben, auch wenn in dieser Formel eigentlich diese Werte gar nicht möglich sind.

Hierfür gibt es folgende Formel:

$$\zeta(s) = 2^s \pi^{s-1} \sin\left(\frac{\pi s}{2}\right) \Gamma(1-s) \zeta(1-s)$$

Das ganze sieht kompliziert aus, ist es auch. Daher lassen wir es im Dienste der Gesamtheit hier stehen. Mit dieser Formel lassen sich Werte für alle Werte von s (bis auf 1) finden. Verstehen muss man diese Formel aber nicht. Wir leben hier nach einem klassischen Motto der Quantenphysik: Shut up and Calculate.

Wichtig ist nur zu wissen, dass auf Basis der analytischen Fortsetzung festgestellt wurde, dass der Wert für $\zeta(-1) = \frac{-1}{12}$ entspricht. Man beachte, dass dies der Summe von $1 + 2 + 3 + 4 + 5 \dots$ entspricht. Die Werte von negativen geraden Zahlen sind bemerkenswerterweise alle 0. Doch das sind längst nicht die einzigen Nullstellen, die diese Funktion hat. Diese Nullstellen heißen triviale Nullstellen. Alle anderen werden die nicht-trivialen Nullstellen genannt.

Um das zu verstehen, muss man aber erst komplexe Zahlen verstehen.

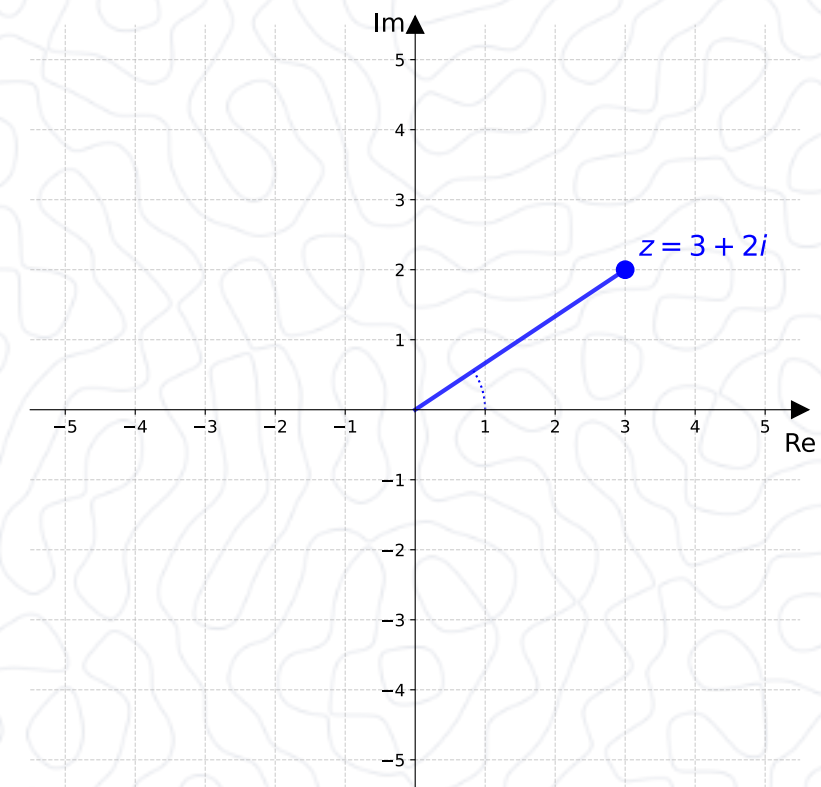
Obacht, jetzt wirds komplex

Hast du schonmal von komplexen Zahlen gehört?

Als Mathematiker die Lösung für kubische Gleichungen suchten (also quadratische Gleichungen, nur mit einem x^3 dazu), hatten sie oft Probleme, da plötzlich negative Zahlen in Wurzeln standen. Und Wurzeln aus negativen Zahlen kann man nicht ziehen, oder? Das war zumindest die Meinung der Mathematiker zu dieser Zeit (und etwas was einem in der Schule eingepreßt wird, nur damit es die Universität wieder ausprügeln darf).

Doch der italienische Mathematiker Gerolamo Cardano hatte im 16. Jahrhundert eine Lösung für das Problem - denn er hat erkannt, dass hier zwar teilweise Wurzeln aus negativen Zahlen gezogen werden müssen, diese später aber auch wieder wegsabgezogen werden. Seine Lösung also? Er setzte vor die Wurzel ein i (für imaginär), in der Lösung ist dieses i aber nicht mehr aufgetaucht, da diese Wurzeln von negativen Zahlen durch Subtraktion verschwanden.

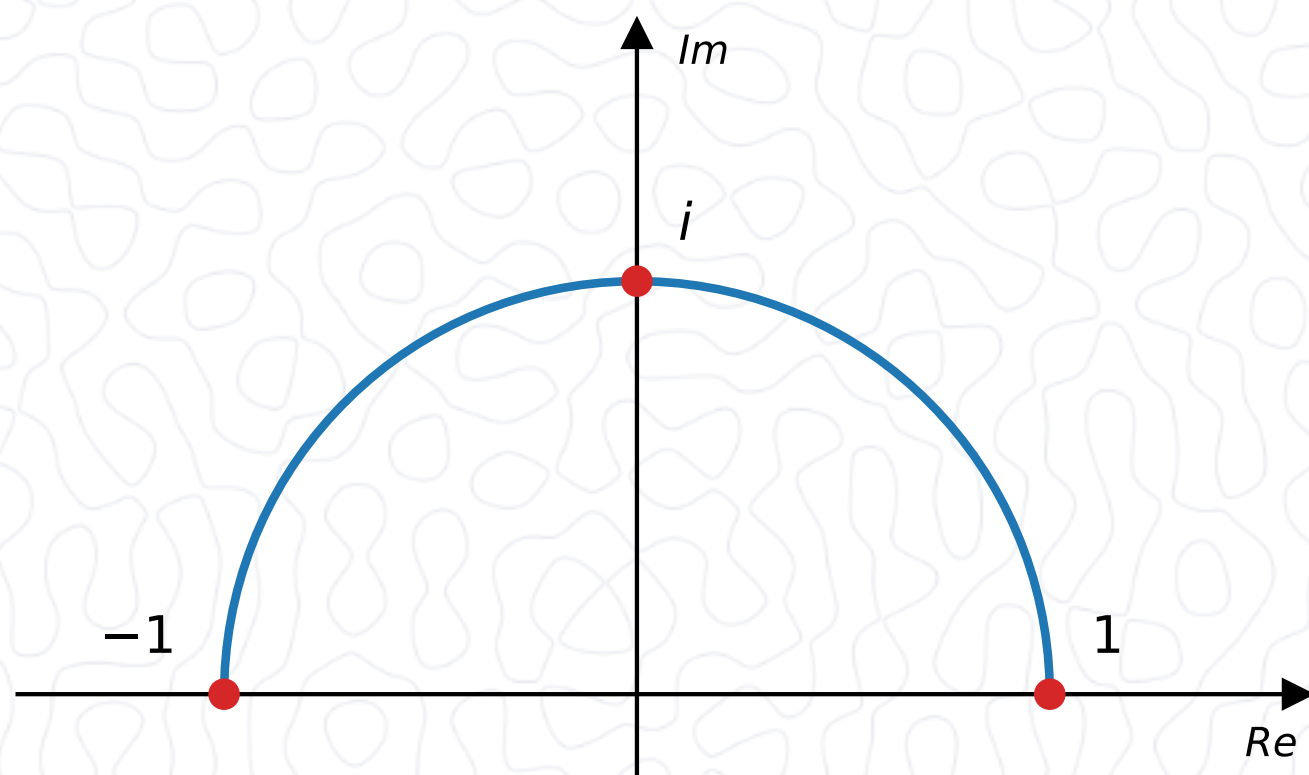
Mathematiker wie Euler oder Gauß beschäftigten sich später mit komplexen Zahlen, denn eine Zahl, die aus einem reellen Teil und einem Imaginärteil bestand, verhielt sich besonders. Eine zweite Dimension in den Zahlen kam hierbei dazu - wie bei einem Koordinatensystem mit X- und Y-Achse!



Operationen mit komplexen Zahlen sorgen für Rotationen auf dieser zweidimensionalen Zahlenebene. Eine Zahl, die mit einer komplexen Zahl potenziert wird, ist eine Bewegung.

Vielleicht hast du schon einmal von Eulers Identität gehört:

$$e^{i\pi} = -1$$



Der mathematische Schönheitswettbewerb

Die Fachzeitschrift *The Mathematical Intelligencer* führte eine Umfrage unter Mathematikern durch, um das "schönste Theorem der Mathematik" zu küren. Die Eulersche Identität landete mit großem Abstand auf Platz 1.

Hier beschreibt die komplexe Potenz die Rotation in der komplexen Zahlenebene. Das muss aber nicht unbedingt mit der Basis e sein, sondern jede mögliche Zahl kann komplex potenziert werden.

Selbstverständlich kann man auch in unendlichen Summen komplexe Zahlen als s -Wert nutzen. Denn auch hier kann es Konvergenz geben, also die unendliche Bewegung in der Ebene (verursacht durch die unendliche Summe) nähert sich einem Wert an.

Der deutsche Mathematiker Bernhard Riemann, der sich eigentlich vor allem mit Funktionen und Integralen beschäftigt hat, hat am Rande dieser eigentlich doch sehr anderen Publikationen eine Vermutung aufgestellt, die die Mathematiker seit mehr als 150 Jahren interessiert. Der ebenfalls deutsche Mathematiker Hilbert hat sich 1900 auf einem Mathematiker-Kongress in Paris wie folgt zur Riemannschen Vermutung geäußert:

"Wenn ich nach meiner Rückkehr von meinem Schlaf in 500 Jahren erwachen würde, wäre meine erste Frage: Wurde die Riemannsche Vermutung bewiesen?"

Das zeigt: Die Frage ist seit weit über 100 Jahren äußerst brisant. Hilbert hat ebenfalls auf diesem Kongress 23 Probleme vorgestellt, die laut ihm essentiell für die Mathematik sind und deren Lösung viel bedeuten würde. Ein Jahrhundert später erstellte das Clay Institute eine ähnliche Liste mit 7 Problemen, deren Lösung neue Erkenntnisse schaffen würden. Die Riemannsche Vermutung ist das einzige Problem, das auf beiden Listen steht. Und während es damals noch kein Preisgeld, sondern nur Ruhm und Ehre gab, ist heutzutage die Belohnung für diese wissenschaftliche Errungenschaft eine Million Dollar.

Blöd nur, dass der Einzige, der bisher eins dieser Millennium Probleme gelöst hat - Grigori Perelman hat 2002 die Poincaré Vermutung bewiesen - dieses Geld abgelehnt hat, doch das nur am Rande.

Jetzt weißt du erstmal, dass diese Vermutung unter Mathematikerinnen und Mathematikern hoch angesehen wird. Aber was besagt sie denn?

Riemann war der Überzeugung, dass der Realteil der Nullstellen $\frac{1}{2}$ sein muss, damit die Zeta-Funktion auf den Wert 0 konvergiert, also eine Nullstelle hat.

Das heißt nicht, dass alle Werte mit einem Realteil von $\frac{1}{2}$ eine Nullstelle sind, die erste Nullstelle hier hat ungefähr den Wert $\frac{1}{2} + 14,13i$.

Aber was wissen wir denn dazu noch? Bekannt ist, dass der Realteil irgendwo zwischen 0 und 1 liegen muss, auf dem sogenannten kritischen Streifen. Denn würde er außerhalb dieser Werte liegen, würde die Summe divergieren. Inzwischen wissen wir ebenso, dass es unendlich viele Nullstellen der Zeta-Funktion in diesem Bereich gibt und auch, dass es sehr wahrscheinlich ist, dass die Nullstellen auf dieser Linie mit dem Realteil von $\frac{1}{2}$ liegen. Aber das ist kein ausreichender Beweis. Auch wurde 1989 bewiesen, dass mindestens 40% der Nullen auf diesem Streifen liegen, doch seitdem ist in diese Richtung kaum Bewegung gekommen, diese Zahl wurde 2010 auf 41% erhöht - wenn es so weitergeht, ist die Vermutung erst in 1214 Jahren bewiesen - Hilbert müsste sich bei seinem 500-jährigen Schlaf also noch zweimal umdrehen.

Inzwischen wurden 12 Millionen Nullstellen auf der Linie mit dem Realteil $\frac{1}{2}$ entdeckt - und noch keine außerhalb dessen. Wer Mathematiker kennt, weiß aber, dass dies nicht Beweis genug ist, denn die Statistik selbst ist ohne logischen Beweis nichts wert, Zufälle kann es immer geben. Dies zeigt auch die Mertenssche Vermutung, die ebenfalls in dieser Ausgabe thematisiert wird (Seite 31).

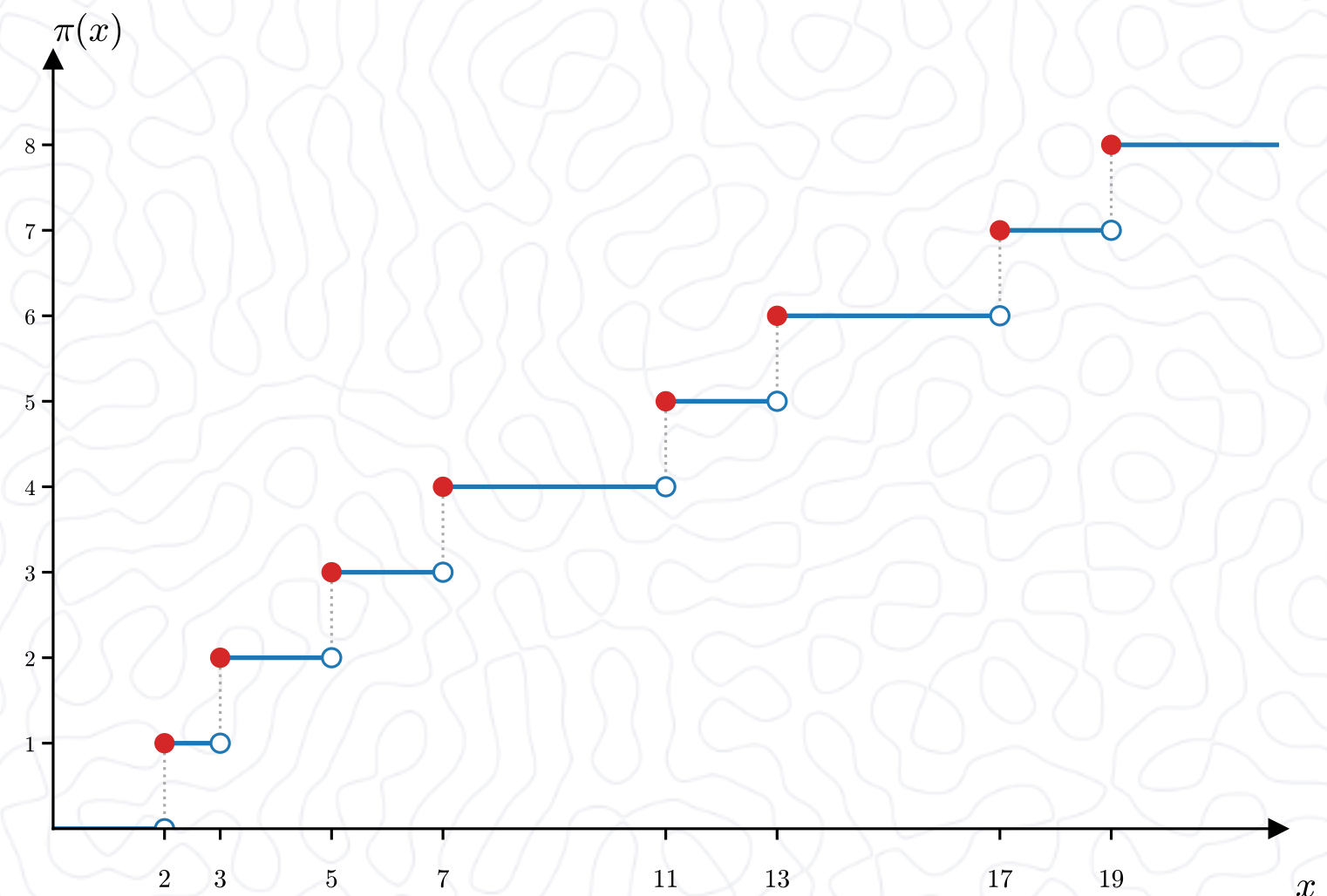
Und es gibt sowohl Gründe, die für die Richtigkeit der Riemannschen Vermutung sprechen, als auch dagegen.

Aber was wäre, wenn das Rätsel gelüftet und die Vermutung bewiesen werden würde?

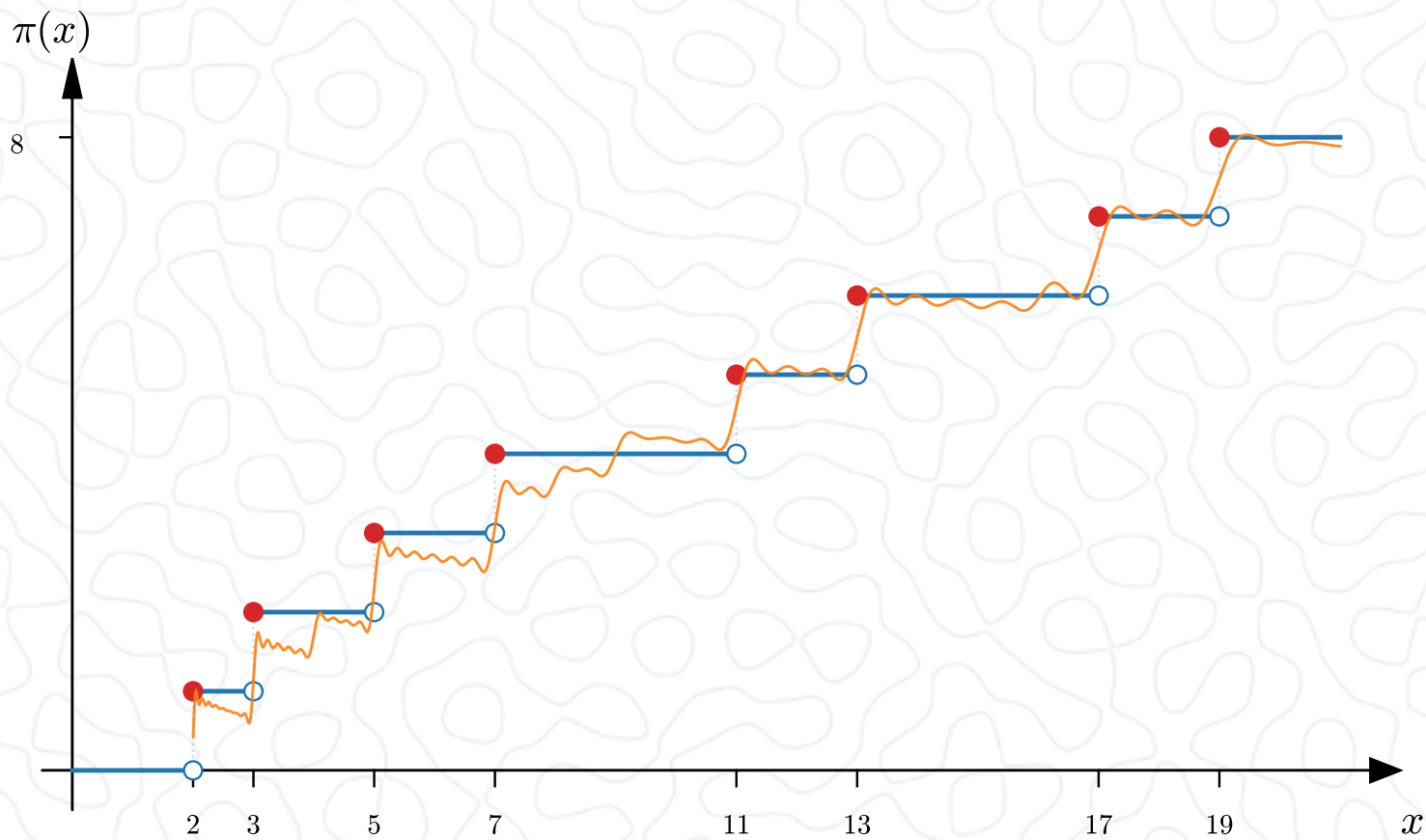
Es gab wohl in der Mathematik noch nie ein Problem, welches so viele Folgen haben könnte, wie dieses hier. Hunderte Vermutungen und Sätze würden richtig sein, würde die Riemannsche Vermutung bewiesen werden.

Am zentralsten ist davon aber die Primzahlverteilung. Allgemein ist angenommen, dass Primzahlen vollkommen zufällig auftreten.

Die Primzahl-Zählfunktion wird als $\pi(x)$ geschrieben, wo der Wert die Anzahl der Primzahlen angibt, die bis zum Wert x aufgetreten sind. Hier ist der Graph für die ersten 8 Primzahlen:



Wenn wir jetzt Riemanns Approximation für $\pi(x)$ betrachten werden wir folgendes sehen:



$\pi(x)$ setzt sich wie folgt zusammen:

$$\pi(x) \approx \text{Li}(x) - \sum_{\rho} \text{Li}(x^{\rho}) - \frac{1}{2} \text{Li}(\sqrt{x}) - \ln 2$$

$$\text{Li}(x) = \int_2^x \frac{dt}{\ln t}$$

ρ sind hier die nichttrivialen Nullstellen der Zeta-Funktion.

Das was wir aus diesem Formelwald lernen können:

Die Primzahlverteilung hängt mit den Nullstellen der Zeta-Funktion zusammen!

Des Weiteren lässt sich mit dem finalen Beweis der Vermutung eine Obergrenze von $\pi(x)$ bestimmen, aktuelle Forschung geht davon aus, dass folgende Funktion eine gute Annäherung ist:

$$\pi(x) \sim \frac{x}{\ln(x)}$$

Dennoch ist dies nur eine Schätzung und die tatsächlichen Werte können abweichen. Eine genauere Bestimmung der Ober- und Untergrenze der Abweichungen würde der Mathematik viel Verständnis über das Verhalten von Primzahlen bringen.

Wie das bei großen Fragen so ist, behaupten selbstverständlich ganz viele die Antwort zu kennen. Selbst, wenn man nur die Lösungsansätze der wirklichen Mathematiker nimmt, wird immer noch regelmäßig behauptet, dass Riemann bewiesen wurde. Einen in der mathematischen Community anerkannten Beweis gibt es allerdings noch nicht.

Natürlich hat die Redaktion von Trivial auch einen Beweis der gesamten Riemannschen Vermutung, doch leider reicht der Platz, der uns zur Verfügung steht nicht aus, um ihn mit unseren treuen Leserinnen und Lesern zu teilen.

Die G's der Mathematik

Alexander Grothendieck

In dieser Kategorie von Trivial geht es um Mathematikerinnen und Mathematiker, deren Nachname mit G beginnt. Natürlich hätte man auch jeden anderen Buchstaben nehmen können, nur leider hätte sich dann keine so tolle Überschrift ergeben.

Der G dieser Ausgabe ist: Alexander Grothendieck.

Alexander Grothendieck ist kein Name der Mathematik wie Euler oder Leibniz. Selbst viele Matheinteressierte, die vielleicht schon Namen wie Galois oder Abel kennen, sind nicht zwangsläufig mit Grothendieck vertraut.

Und das obwohl er in vielen Teilbereichen der Mathematik großes leistete. Er war allerdings nicht nur Mathematiker, sondern auch politischer Aktivist und Philosoph.

Aber wer war Alexander Grothendieck?

Sein Leben beginnt bereits unter durchaus schwierigen Umständen. Er wurde am 28.3.1928 in Berlin geboren. Sein Vater, Alexander "Sascha" Schapiro, war ein russischer Anarchist jüdischer Abstammung und seine Mutter, Johanna Grothendieck, war eine sozialistische Journalistin.

Die 30er Jahre in Deutschland waren eine durchaus schwere Zeit für die Familie, weswegen die Eltern 1933 nach Hitlers Machtergreifung nach Frankreich flohen. Alexander kam zuerst in einer Pflegefamilie unter, bis er 1939 nach Frankreich zu seinen Eltern folgte.

Ab diesem Zeitpunkt galt er als staatenlos. Er wurde durch die Vichy-Regierung zusammen mit seinen Eltern ab 1940 im Internierungslager Rieucros festgehalten, sein Vater wurde 1942 nach Auschwitz deportiert und dort umgebracht.

Alexander konnte 1942 fliehen und im Dorf Le-Chambon-sur-Lignon den Krieg überleben. Dort machte er auch sein Baccalauréat, das französische Äquivalent zum deutschen Abitur.

Seine Studienzeit

1945 ging Alexander Grothendieck nach Montpellier, um Mathematik zu studieren. Allerdings langweilte ihn die Universität. Deswegen setzte er sich selbst mit Thematiken auseinander. Er schaffte es sogar, eine viel präzisere Definition für Flächen und Längen zu finden, als die unterrichtete Definition. Er reiste 1948 nach Paris, um seine Theorie der mathematischen Gemeinschaft vorzustellen. Diese erklärte ihm allerdings, dass das, was er entwickelt habe, bereits seit 1902 als Lebesgue-Maß bekannt war.

Allerdings ließ er sich davon nicht niederschlagen, sondern sah sich selbst gestärkt in seinen mathematischen Fähigkeiten. Er wechselte daraufhin nach Paris, um sein Mathestudium fortzusetzen.

Während seiner Studienzeit in Montpellier war er bereits politisch aktiv. Er war einer der Mitbegründer der Internationale der Kriegsdienstgegner.

In Paris angekommen traf Grothendieck auf eine vollständig andere Welt. Die Menschen redeten anders. Formell war Paris ein ganz anderes Level als Montpellier. Er selbst kannte kaum Formalismen und war selbst der französischen Sprache kaum mächtig. Henri Cartan und André Weil erkannten allerdings sein Potential und empfahlen ihm, nach Nancy zu Laurent Schwartz zu gehen. Dieser forsche an Funktionalanalysis, das passe zu ihm.

Die Funktionalanalysis ist ein Teilgebiet der Mathematik, welches man als Verschmelzung Linearer Algebra und Analysis beschreiben kann. Während wir in der linearen Algebra oft in endlichen Räumen arbeiten, überträgt man in der Funktionalanalysis die Systematiken wie Vektoren oder Metriken in Räume mit unendlich vielen Dimensionen.

Die Werkzeuge der Funktionalanalysis sind für die moderne Physik ein absolutes Must-Have. Spätestens bei der mathematischen Betrachtung der Wellenfunktion im Hilbertraum kommt die Funktionalanalysis ins Spiel.

Der legendäre Laurent Schwartz, welcher zu dem Zeitpunkt kürzlich die Fields-Medaille gewonnen hatte, gab dem jungen Grothendieck der Legende nach eine Liste mit 14 Problemen, die zu dem Zeitpunkt ungelöst waren. Grothendieck solle sich eins aussuchen und darüber schreiben. Laut Schwartz braucht man einige Jahre, um nur eines dieser Probleme zu lösen.

Grothendieck kam allerdings nur wenige Monate zu Schwartz zurück. Dabei hatte er nicht nur eines der Probleme lösen können, sogar gleich alle 14. Und all das mit Anfang 20.

Bis heute gilt seine Veröffentlichung als eines der wichtigsten Werke der Funktionalanalysis.

Der klassische Karrieweg wäre eine feste Professur gewesen. Allerdings hätte er dafür französischer Staatsbürger werden müssen. Die Staatsbürgerschaft wurde ihm angeboten, allerdings hätte er Wehrdienst leisten müssen. Als radikaler Pazifist lehnte er dies kategorisch ab und blieb somit arbeitslos. Ab diesem Zeitpunkt reiste er um die Welt und war teilweise als Gastprofessor kurzzeitig beschäftigt.

Der mathematische Wechsel

1953 vermittelte Laurent Schwartz Grothendieck an die Universität von Sao Paulo. Dort begann er der Funktionalanalysis den Rücken zu kehren, da er sie für "ausgelutscht" hielt. Er wechselte stattdessen zur Algebraischen Geometrie.

Hier ist ein guter Zeitpunkt, um einmal darüber zu reden, wie Grothendieck Mathematik betrieb. Grothendieck war absolut fasziniert von grundlegenden Strukturen und der Verallgemeinerung der Mathematik. Kein Wunder, dass er einer der Pioniere der Kategorientheorie war.

Man sagt Grothendieck nach, dass er Probleme so lange verallgemeinert, bis die Lösung offensichtlich wird.

Ein grundlegendes Werkzeug dafür schuf er, nachdem er ab 1955 nach Kansas in die Vereinigten Staaten gewechselt war. 1957 veröffentlichte er das bis heute legendäre Tôhoku-Paper. Der Name dieses Papers stammt vom Tôhoku Mathematical Journal. Der Artikel "Sur quelques points d'algèbre homologique", welcher offensichtlich auf Französisch geschrieben war, war französischen Journalen zu lang, weswegen sie sich weigerten ihn abzu drucken.

Grothendieck führte in dem Paper die Abelschen Kategorien ein, was es der Kategorientheorie erstmals erlaubte, komplexe und abstrakte Probleme zu lösen. Damals (wie auch heute) nennt man Kategorientheorie gerne "General Abstract Nonsense". Grothendieck konnte dieses Klischee beerdigen.

Die Kategorientheorie ist ein junges Teilgebiet der modernen Mathematik. Während andere Teilgebiete sich mit Dingen wie "Primzahlen" oder "Vektoren" beschäftigen, schaut die Kategorientheorie auf die gesamte mathematische Landschaft und baut Brücken zwischen auf den ersten Blick nicht verbundenen Konzepten.

1958 gründete Léon Motchane ein Institut in Frankreich nach dem Vorbild des "Institute for Advanced Study in Princeton". Als einer der zwei ersten Professoren berief er Alexander Grothendieck. Dabei hatte er große Freiheiten wie und wen er unterrichtete, sowie wie er seine Forschung auslegte.

Eine Besonderheit war sein berühmt berüchtigtes Séminaire de Géométrie Algébrique. Bei dieser wöchentlich stattfindenden Veranstaltung stand Grothendieck an der Tafel und entwickelte Live neue Ideen. Viele hochkarätige Mathematiker sowie seine Schüler schreiben mit und entwickelten dann die Theorien aus. Grothendieck arbeitete täglich bis zu 14 Stunden an seinen Theorien und erwartete von seinen Schülerinnen und Schülern ähnliches.

In dieser Zeit entstanden zwei der Fundamentalwerke der algebraischen Geometrie: EGA und SGA.

Éléments de géométrie algébrique, kurz EGA, schrieb er zusammen mit Jean Dieudonné, welcher Grothendiecks Visionen in sauberes Französisch übersetzte. Es war geplant das gesamte Gebiet in 13 Bänden abzuhandeln. Es kam allerdings nur zu 4. Allerdings sind diese 4 Bände das Standardwerk für die Theorie der Schemata: Dem Herzstück der Algebraischen Geometrie.

Séminaire de Géométrie Algébrique, oder kurz SGA, war eine Sammlung aus vielen Mitschriften seiner Lehrveranstaltungen. Hier wurden viele Konzepte der Algebraischen Geometrie wie Étale Kohomologie, Topos-Theorie oder Kristalline Kohomologie erstmals formell eingeführt.

Grothendieck war in der Lage 1964 die ersten beiden Teile der Weil-Vermutung zu beweisen. Dafür nutzte er zum Beispiel die von ihm frisch eingeführte Étale Kohomologie. Der letzte Teil der Vermutung ist das geometrische Äquivalent zur riemannschen Vermutung (siehe Artikel 1). Grothendieck war nicht in der Lage dies zu beweisen. Er schuf allerdings eine Art Rahmen mit dem man es zeigen könnte. Er ging allerdings aus, dass man noch Jahrzehnte dafür brauchen würde.

Ein kurzer Zeitwischensprung: 1974 bewies sein Schüler Pierre Deligne den letzten Teil der Weil-Vermutung. Allerdings nicht mit Grothendiecks Rahmen sondern mit anderen mathematischen Methoden. Grothendieck soll sehr enttäuscht gewesen sein, da er Tricks dieser Art für unsauber hielt.

All das führte dazu, dass man Grothendieck 1966 die Fields-Medaille verlieh. Für alle, die nicht mit der Fields-Medaille vertraut sind (was beeindruckend wäre wenn man einen Artikel über Alexander Grothendieck liest, aber cool, dass Sie hier sind), er ist das, was für einen Physiker ein Nobelpreis wäre. Allerdings nahm Grothendieck den Preis nicht an. Der Kongress fand in Moskau statt und Grothendieck entschied sich als politischen Protest gegen Moskau und seine Zensur nicht hinzugehen. Hier erkennt man, dass sein politisches Bestreben noch immer in ihm steckte.

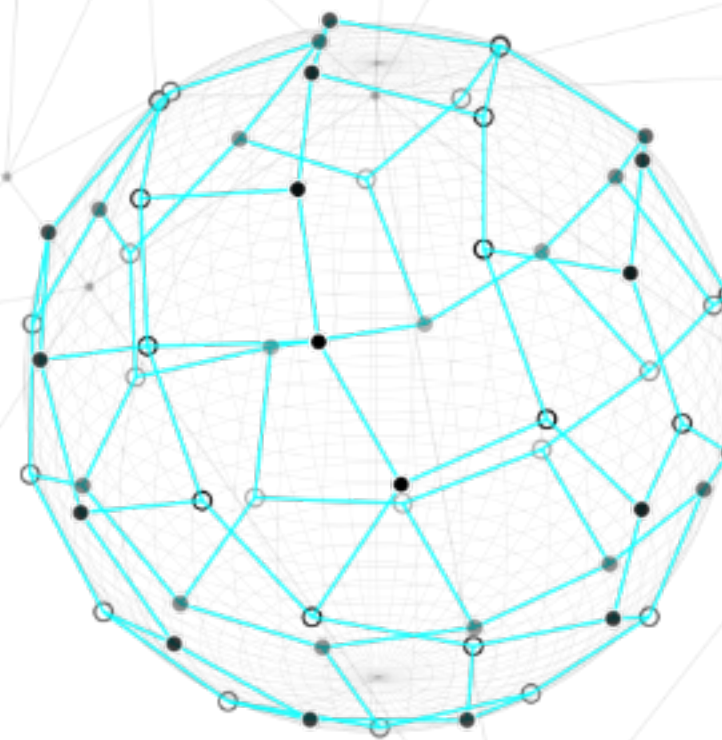
Der Anfang vom Ende

1968 kam es in Paris zu großen Studentenunruhen. Anders als viele eher konservative Kollegen von Grothendieck sympathisierte dieser sehr mit den Studenten und lud oft zu politischen Diskussionen ein.

Zwei Jahre später fand Grothendieck heraus, dass sein Institut zu einem sehr kleinen Teil vom französischen Verteidigungsministerium finanziell unterstützt wurde. Grothendieck stellte das Ultimatum, dass entweder er oder das Militärgeld gehe. Dem Institut ging es zu dem Zeitpunkt relativ schlecht, weswegen sie Grothendieck ziehen ließen.

Ab 1970 war Grothendieck nun kein radikaler Mathematiker mehr, sondern ein radikaler Aktivist. Er engagierte sich sehr in der Gruppe "Survivre et vivre" (Üb: Überleben und Leben). Diese setzte sich für Ökologie, Pazifismus und Wissenschaftskritik ein.

Er war auch, ums in modernen Worten zu sagen, ein Domsday-Schamane. Er predigte im apokalyptischen Tonfall, dass das Ende der industriellen Zivilisation naht und die moderne Wissenschaft den Planeten zerstöre. Dabei lebte er in Kommunen, verdiente sein Geld teilweise als Gemüsehändler und beherbergte Obdachlose und Hippies in seinem Haus.



Riemannsche Zahlenkugel mit Muster der Belyi-Funktion. Grothendieck baute mathematische Brücken zwischen Objekten dieser Art und komplexer Zahlentheorie.

$$f(z) = \frac{-(z^{20} - 228z^{15} + 494z^{10} + 228z^5 + 1)^3}{1728z^5(z^{10} + 11z^5 - 1)^5}$$

Funfacts aus Montpellier

Nachdem sich seine Aktivistengruppe aufgelöst hatte, kam er in Geldnot, weswegen er eine Professorenstelle in Montpellier annahm. Allerdings verhielt er sich absolut nicht wie ein klassischer Professor:

Beispielsweise weigerte er sich Lehrpläne zu befolgen. Stattdessen gab er Aufgaben wie "bauen sie etwas aus Papier das euer Verständnis vom Universum symbolisiert" oder "schnitzen sie Polyeder aus Kartoffeln.

Er weigerte sich außerdem Noten zu vergeben. Da ihn die Verwaltung allerdings dazu zwang fing er an, kreative Bastelarbeiten bestehen zu lassen, während geniale mathematische Beweise durchfielen. Oft gab er aber auch allen Studenten die gleiche Note oder ließ sie sich selbst bewerten. Er sah das als seinen Kampf gegen das System.

Außerdem war er bekannt dafür, dass er während Vorlesungen plötzlich von der Mathematik abkam und begann über Atomkraft oder Biosphärenerhalt zu sprechen.

Er forschte zu dieser Zeit zwar noch, allerdings veröffentlichte er nichts mehr selbst. Er teilte seine Ideen oft nur handschriftlich mit engen Freunden.

Der Friedhof der genialen Ideen

Man möge sich die Frage stellen, wo die Mathematik wäre, wenn alle Mathematikerinnen und Mathematiker der Menschheitsgeschichte dieselben Möglichkeiten zum Lernen, Denken und publizieren hätten. Viele geniale Ideen werden im Laufe der Geschichte verloren gegangen sein. Und auch die Ideen, die nicht verloren gegangen sind, werden oft nicht in Zusammenhang mit den richtigen Namen gebracht. Die TRIVIAL-Redaktion hat es sich zum ungeschriebenen Gesetz erklärt, auch diese unbekannten, und dennoch einflussreichen Personen der Wissenschaftsgeschichte ins Rampenlicht zu rücken.

Die Isolation

Im Jahr 1991 entschied Grothendieck vollständig zu verschwinden. Er verbrannte viele seiner Briefe und ließ sich im französischen Dorf Lassere nieder. Kaum jemanden verriet er wohin er gegangen war. Ab diesem Zeitpunkt beschäftigte er sich zunehmend mit philosophischen Konzepten wie Träumen, Gott, dem Bösen und der Wahrheit.

Er starb am 13.11.2014 im Krankenhaus von Saint-Girons einsam (obwohl wir in diesem Artikel alle Affären und Beziehungen weggelassen haben, wenn Sie sowas wollen greifen Sie zur Gala [Klatschpressenäquivalent für Wissenschaftler wann?]).

Obligatorischer Verweis auf die Riemannsche Vermutung:

Die Redaktion von TRIVIAL stellt sich gerne die Frage, was ein Mathematiker mit der Riemannschen Vermutung zu tun hat(das Ob steht außer Frage, alles ist Riemann).

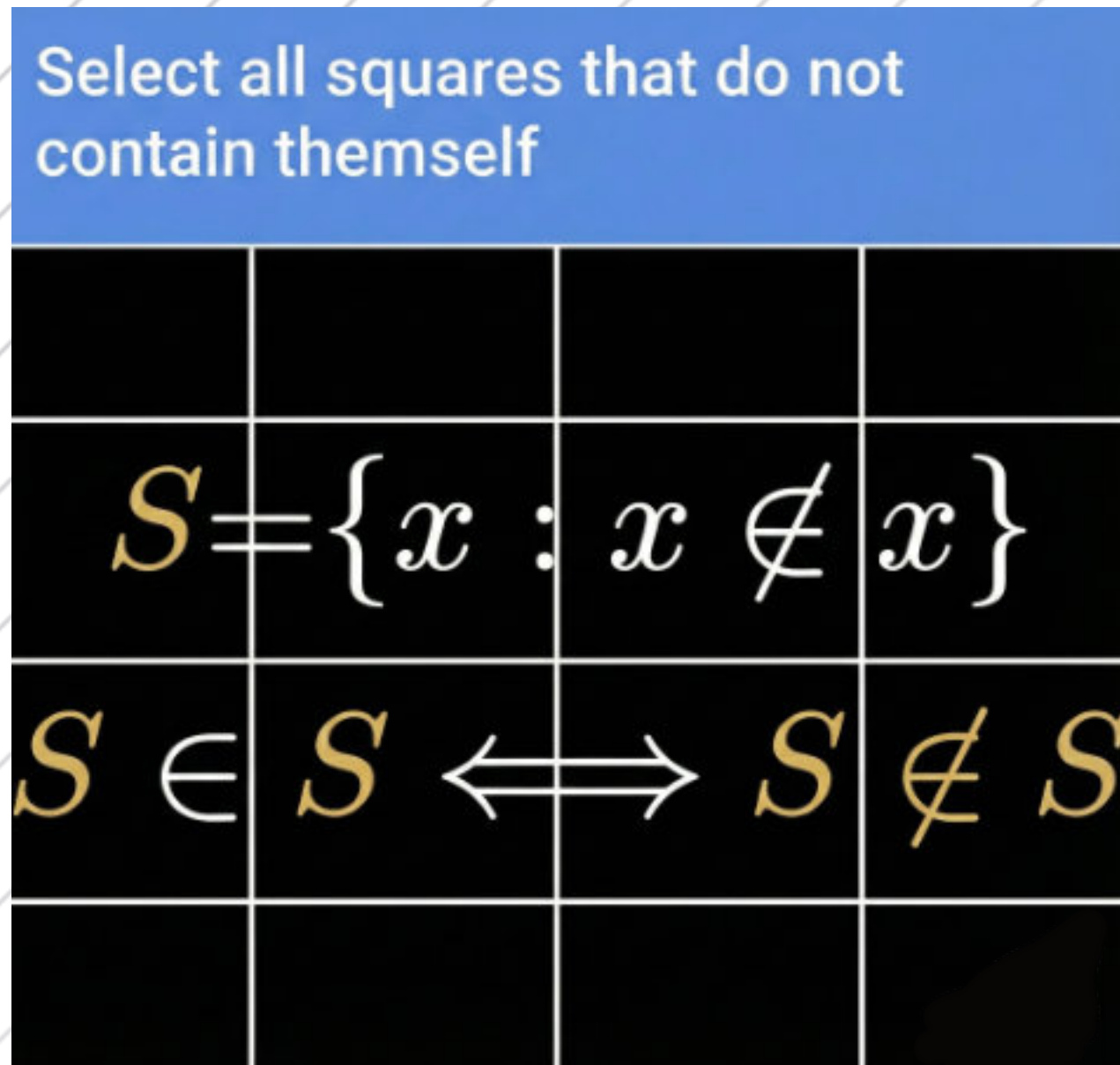
Stellen wir uns den Rosetta-Stein vor, allerdings statt Hieroglyphen zu entziffern, versuchen wir die Riemannsche Vermutung bzw. die Anordnung der Primzahlen zu verstehen. Ähnlich wie beim Rosetta-Stein gibt es drei Welten, in denen man denken kann. Auf dem Rosetta-Stein kann man zwischen Sprachen übersetzen und so etwas über die anderen Sprachen herausfinden, solange man die anderen verstehen kann.

Die Welt der Riemannschen Vermutung ist die Zahlentheorie. Diese Welt verstehen wir kaum. Sie sind unser Hieroglyphen äquivalent. Dann gibt es die Kurven über endlichen Körpern. Dieses entspricht Demotisch auf dem Rosetta-Stein. Grothendieck bewies die Weil-Vermutung und erreichte somit ein deutlich besseres Grundlagenverständnis für die Mathematik hinter Riemann.

Das, was dem Griechischen auf dem Rosetta-Stein entspricht, ist die Lehre der Riemannschen Flächen. Diese versteht die Mathematik schon recht gut. Grothendieck legte das Fundament, um diese Welten miteinander zu verbinden.

Das Russellsche Paradoxon

Jeder weiß: Ein Witz wird lustiger, wenn man ihn erklären muss. Deswegen wird in dieser Rubrik ein lustiges Bild aus dem Internet genommen und es erklärt.



In diesem Bild sehen wir das klassische Captcha, mit dem man zu zeigen hat, dass man ein Mensch ist. Anders als bei den "echten" Captchas erraten zu müssen, ob jetzt der Mast einer Ampel noch Teil der Ampel ist oder nicht, gibt es hier andere Instruktionen. Wir sollen alle Kästchen auswählen, die sich nicht selbst enthalten. Darunter sehen wir ominöse mathematische Symboliken.

Aber warum ist das lustig?

Dafür machen wir einen kurzen Ausflug in die axiomatische bzw. noch nicht axiomatisierte Mengenlehre (gibt es ein schöneres Wort, ich glaube nicht). Der Verderber der Jugend himself, Georg Cantor, formulierte Ende des 19. Jahrhunderts erstmals eine Definition für den Mengenbegriff.

Unter einer Mannichfaltigkeit oder Menge verstehe ich nämlich allgemein jedes Viele, welches sich als Eines denken lässt, das heißt jeden Inbegriff bestimmter Elemente, welcher durch ein Gesetz zu einem Ganzen verbunden werden kann [...]

Diese Definition bezeichnen wir heute als die naive Mengendefinition. Denn Anfang des 20. Jahrhunderts formulierte Bertrand Russell, der Mann der über 100 Seiten brauchte um $1+1=2$ zu beweisen, das Russellsche Paradoxon:

Was passiert mit der Menge aller Mengen, die sich nicht selbst enthalten?

Wenn diese Menge in sich enthalten wäre, dürfte sie sich nicht enthalten.

Wenn diese Menge sich nicht enthalten würde, müsste sie sich enthalten.

Ein Widerspruch!

$$S := \{x \mid x \notin x\}$$

$$S \in S \iff S \notin S$$

Und das Wissen reicht schon aus, um das Witzbild zu verstehen. Man darf die Instruktionen des Captchas allerdings nicht wörtlich nehmen, denn die Kästchen selbst stellen keine Mengen dar, sondern in ihnen stehen nur die Definition der Menge die alle Elemente aus sich selbst enthält und der daraus resultierende Widerspruch. Ist natürlich die Frage ob man das erste S anklicken darf oder nicht?

Die Mengenlehre wird heute als das Fundament der Mathematik angesehen. Um dieses Fundament allerdings stabil nutzen zu können braucht man klare Richtlinien. Diese Richtlinien liefert ZFC: Die Zermelo-Fraenkel-Mengenlehre mit dem Auswahlaxiom. In ihr ist das was Cantor formulierte verboten.

Die Formel der Ausgabe

Eulersche Produkt des Sinus

Wenn man ungefähr in der 8. Klasse ist und Faktorisierung bzw. die Nullstellenform von Polynomen lernt, stellt sich glaube ich jeder Schüler und jede Schülerin die Frage, ob das auch mit trigonometrischen Funktionen funktioniert.

Wenn man dann endlich in der Universität angekommen ist und irgendwas aus der MINT-Richtung anstrebt, wird man garantiert und äußerst schnell Taylorpolynome kennenlernen. Und damit wäre das Thema dann auch abgeschlossen.

Aber das ist nicht die Art von Faktorisierung um die es hier gehen soll. Denn jede Person die schonmal ein Taylorpolynom gesehen hat erkennt sofort, dass das hier etwas anderes ist. Und dieses "etwas anderes" haben wir, wie so viele Dinge in der Mathematik, Leonhard Euler zu verdanken, welcher 1734 dieses Biest an Formel benutzte:

$$\sin(x) = x \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{x^2}{k^2 \pi^2}\right)$$

Im Folgenden soll es nicht darum gehen, diese Monstrosität zu beweisen, dafür können sie einfach einen Grundschüler auf der Straße fragen (oder Dr. Google), es soll eher darum gehen, wie man sich mit simplen Überlegungen diese Formel selbst herleiten kann und wofür Euler sie eigentlich benutzt hat.

Interessanterweise hat Euler, ohne davon zu wissen, so den Wert der riemannschen Zeta Funktion mit $s=2$ berechnet.

Basel ist eine Stadt, in der viele Mathematiker Ende des 18. Jahrhunderts aktiv waren, unter anderem auch Euler.

Das Basler Problem

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots$$

Viele Mathematikinteressierte werden diese unendliche Summe schon einmal gesehen haben. Es ist einfach die Summe aller Reziproken, also aller Kehrwerte der Quadrate von natürlichen Zahlen. Viele Mathematiker, vor allem aus der Stadt Basel, versuchten das Problem zu lösen. Viele scheiterten, erst Euler konnte eine Antwort finden. Es stellt sich heraus, dass diese unendliche Summe tatsächlich konvergiert. Und für viele die das Ergebnis noch nie gesehen haben muss das Ergebnis äußerst überraschend sein. Euler fand mit seiner Faktorisierung des Sinus Folgendes heraus:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

Die naive Faktorisierung

Wenn wir ein Polynom faktorisieren wollen, nehmen wir einfach die Nullstellen. Rechnen wir einmal ein simples Polynom durch:

$$\begin{aligned} f(x) &= x^2 - 1 \\ &\Rightarrow \\ f(x) &= (x - 1)(x + 1) \end{aligned}$$

Durch erneutes Ausmultiplizieren würden wir wieder das ursprüngliche Polynom erhalten.

Die naive Faktorisierung mit dem Sinus

Probieren wir dieses Konzept mal beim Sinus. Die Nullstellen vom Sinus sind alle ganzzahligen Vielfache von Pi. Also müsste die Faktorisierung wie folgt aussehen:

$$f(x) = x(x - \pi)(x + \pi)(x - 2\pi)(x + 2\pi)(x - 3\pi)(x + 3\pi) \cdot \dots$$

Setzen wir hier einmal einen beliebigen Wert ein sehen wir schnell, dass etwas schief geht:

$$\begin{aligned} f(2) &= 2(2 - \pi)(2 + \pi)(2 - 2\pi)(2 + 2\pi)(2 - 3\pi)(2 + 3\pi) \cdot \dots \\ &\Rightarrow \\ f(2) &= 2(-1,14)(5,14)(-4,28)(8,23)(-7,42)(11,4) \cdot \dots \end{aligned}$$

Offensichtlich konvergiert das nicht zum eigentlichen Wert der Sinusfunktion an der Stelle 2.

Die nicht mehr so naive Faktorisierung

Theoretisch können wir ein Polynom noch weiter faktorisieren als bisher:

$$\begin{aligned} f(x) &= x^2 - 5x + 6 = (x - 2)(x - 3) = (-2)\left(1 - \frac{x}{2}\right)(-3)\left(1 - \frac{x}{3}\right) \\ &= 6\left(1 - \frac{x}{2}\right)\left(1 - \frac{x}{3}\right) \end{aligned}$$

Wir haben jetzt unsere Faktorisierung in einer Form, in welcher jede Klammer mit einem Minus Eins beginnt. Stumpf wenden wir dieses Prinzip jetzt auch auf den Sinus an:

$$\begin{aligned} \sin(x) &= x\left(1 - \frac{x}{\pi}\right)\left(1 + \frac{x}{\pi}\right)\left(1 - \frac{x}{2\pi}\right)\left(1 + \frac{x}{2\pi}\right) \cdot \dots \\ &= x\left(1 - \frac{x^2}{\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{4\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{9\pi^2}\right) \cdot \dots \\ &= x \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{x^2}{n^2\pi^2}\right) \end{aligned}$$

Lösung des Basler Problems

Jetzt nutzen wir die gelernte Formel, um damit das Basler Problem zu lösen. Wir beginnen damit, dass wir den Vorfaktor x von der rechten Seite auf die linke Seite holen. Einige kennen die Linke Funktion vielleicht bereits als die sinc(x)-Funktion:

$$\frac{\sin(x)}{x} = \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{x^2}{n^2\pi^2}\right)$$

Wir nehmen nun die Taylorreihe vom Sinus für die Linke Seite:

$$\frac{\sin(x)}{x} = \frac{1}{x} \left(x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \dots\right) = 1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \dots$$

Jetzt schauen wir uns noch einmal die rechte Seite an:

$$\begin{aligned} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{x^2}{n^2\pi^2}\right) &= \left(1 - \frac{x^2}{\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{4\pi^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{9\pi^2}\right) \cdot \dots \\ &= 1 + 0x + \left(-\frac{x^2}{\pi^2} - \frac{x^2}{4\pi^2} - \frac{x^2}{9\pi^2}\right) + 0x^3 + \dots \\ &= 1 + 0x - \frac{1}{\pi^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \dots\right)x^2 + 0x^3 + \dots \end{aligned}$$

Anschließend führen wir einen Koeffizientenvergleich der linken und rechten Seite durch:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{6} &= -\frac{\pi^2}{6} \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \dots\right) \\ \frac{\pi^2}{6} &= 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \dots \end{aligned}$$

Und damit haben wir eine kleine elegante Herleitung für die Sinus Formel von Euler sowie für die Lösung des Basler-Problems.

Eine kleine Anmerkung: Erst über 100 Jahre später im Jahr 1876 bewies Weierstrass, dass Eulers Methode mathematisch korrekt ist. Wenn man es ganz genau nimmt, dauerte es bis 1900 als Hadamard eine vollständige Theorie dazu bewies.

Leonardo Fibonacci

In dieser Rubrik soll es um Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gehen, die verhältnismäßig bekannt sind, aber bei weitem nicht als die relevante Person angesehen werden, die sie eigentlich sind

Der Name Fibonacci ist vermutlich jedem, der mal in Berührung mit Pop-Science-Mathematik kam, ein Begriff. Die Fibonacci-Zahlen sind auch weit außerhalb der Zahlentheorie bekannt. Besonders in Verschwörungs- und Schwurbelkreisen werden ihnen auch mystische Kräfte zugewiesen.

Auch an der Börse hat der Name Fibonacci eine besondere Bedeutung. Ohne ihn würden wir vermutlich immer noch mit den römischen Zahlen im Alltag arbeiten. Die wenigsten wissen trotz aller seiner Errungenschaften, wer Fibonacci wirklich war und was er eigentlich zur Wissenschaft beitrug.

Die Anfänge

Leonardo Fibonacci, welcher eigentlich Leonardo da Pisa hieß, wurde um 1170 in Pisa geboren. Der Name Fibonacci wurde ihm erst im 19. Jahrhundert von Historikern gegeben. Er leitet sich vom "filius Bonacci" ab, was soviel wie "Sohn des Bonacci" bedeutet. Sein Vater Bonacci war ein erfolgreicher Geschäftsmann. Dadurch reiste Fibonacci viel und lernte die hindu-arabischen Ziffern im heutigen Algerien kennen. Er erkannte ihre Überlegenheit gegenüber dem europäischen System. Er war allerdings nicht der Erste, der das tat. Bereits vor ihm gab es vereinzelt Europäer, welche die hindu-arabischen Zahlen kannten.

Liber Abaci

Mit seinem Werk Liber Abaci, zu deutsch "Das Buch der Rechenkunst", schaffte Fibonacci, das hindu-arabische System in Europa populär zu machen. Er schrieb dabei keine Abhandlung, warum es besser sei, sondern Liber Abaci ist ein Lehrbuch, welches sich vor allem an Kaufleute richtet.

Bahnbrechend dabei war zum einen das Dezimalsystem, welches es viel leichter machte, große Zahlen miteinander zu verrechnen.

Falls ihr das nicht glaubt, versucht einmal MCVII mit DCCLXIII zu multiplizieren.

Zum anderen führte er das Konzept der Null ein, welches essentiell für sein Stellenwertsystem war. Allerdings war für ihn die Null keine Zahl, sondern nur ein Zeichen. Ihm haben wir auch die heutige Notation von Brüchen zu verdanken: den Bruchstrich. Außerdem formulierte er viele Konzepte der Finanzmathematik wie Währungsumrechnungen und Zinsen sowie Zinseszins.

Aber er beschäftigte sich auch mit anderen Konzepten, die damals bahnbrechend waren. Zum Beispiel schrieb er die Methode des "Falschen Ansatzes" nieder. Zu der Zeit von Fibonacci nutzte man noch keine Variablen, um Gleichungen darzustellen. Das bedeutete auch, dass man unser heutiges "Gleichungen umstellen" nicht nutzen kann.

Fibonacci nutzte für Gleichungen einen falschen Ansatz und schaute anschließend, wie weit das erzielte Ergebnis vom gewünschten Ergebnis entfernt war, um dann neu abzuschätzen.

Heute würde man sagen, er tätigte einen Educated Guess, um dem Ziel näherzukommen. Einen ähnlichen Ansatz nutzen wir heute auch, um Differentialgleichungen zu lösen.

Er war außerdem mit dem vertraut, was heute als chinesischer Restsatz bekannt ist. Bei diesem klassischen Problem der Zahlentheorie soll man eine Zahl finden, die folgende Eigenschaften hat: durch 3 geteilt den Rest 2, durch 5 geteilt den Rest 3 und durch 7 geteilt den Rest 2 lässt. Fibonacci entwickelte einen Algorithmus, mit dem man sehr elegant Probleme dieser Art lösen kann (die Lösung für das genannte Beispiel ist übrigens 23). Das zeigt, dass Fibonacci Wissen hatte, was weit über griechisch-römische Tradition hinausging.

Die Fibonacci-Folge

Kommen wir nun zu dem, weswegen die meisten mit seinem Namen vertraut sein werden: Die Fibonacci-Folge:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 ...

Diese trägt zwar seinen Namen, entdeckt hat er sie aber nicht. Durch ihn wurde sie allerdings in Europa bekannt.

Der indische Poet und Mathematiker Acharya Pingala untersuchte zwischen 300 und 200 v. Chr. Gedichte und Silben und stieß dabei auf Strukturen, die wir heute als Fibonacci-Zahlen und das Pascalsche Dreieck kennen.

Etwa 500 Jahre vor Fibonacci schrieb der indische Mathematiker und Metriker zum ersten Mal die explizite Formel für die Fibonacci-Zahlen auf.

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$$

Für die Dichter und Metriker waren die Fibonacci-Zahlen relevant, da man so Möglichkeiten aufgezeigt bekommt, einen Takt mit kurzen und langen Silben zu füllen.

1 Schlag: Kurz (1 Möglichkeit) → Fibonacci-Zahl: 1

2 Schläge: Kurz-Kurz, Lang (2 Möglichkeiten) → Fibonacci-Zahl: 2

3 Schläge: K-K-K, L-K, K-L (3 Möglichkeiten) → Fibonacci-Zahl: 3

4 Schläge: K-K-K-K, L-K-K, K-L-K, K-K-L, L-L (5 Möglichkeiten) → Fibonacci-Zahl: 5

Fibonacci selbst veröffentlichte erst 1202 in seinem Buch "Liber Abaci" seine berühmte Kaninchen-Aufgabe, aus denen die Fibonacci-Zahlen hervorgehen.

Man setzt ein Kaninchenpaar in ein geschlossenes Gehege. Es gilt:

1. Jedes erwachsene Paar zeugt **jeden Monat** ein neues Paar.
2. Ein neugeborenes Paar wird erst **ab dem zweiten Monat** geschlechtsreif.
3. Die Kaninchen sind **unsterblich**.

Fibonacci stellte die Frage, wie viele Paare es nach 12 Monaten gibt. (Für alle die zu faul zum rechnen sind, es sind 377).

Der Grund, warum wir sie heute als Fibonacci-Zahlen kennen, ist, dass der französische Mathematiker Édouard Lucas im 19. Jahrhundert diesen Namen nutzte. Entweder er wusste nichts von den indischen Quellen, oder er ignorierte sie. Letzteres ist nicht auszuschließen, da die europäische Wissenschaftsgeschichte zu dem Zeitpunkt äußerst eurozentrisch war.

Teilt man eine Fibonacci-Zahl durch ihre unmittelbar vorangehende (z. B. $13 \div 8$), nähert sich das Ergebnis immer weiter dem Goldenen Schnitt ($\approx 1,618$ an). Dieses Proportionsverhältnis gilt in der Kunst und Architektur als besonders ästhetisch und findet sich in der Anordnung von Sonnenblumenkernen oder Pinienzapfen in der Natur wieder.

Einfluss

Sein Lehrbuch ermöglichte es Handelsleuten in ganz Europa, schnell Finanzmathematik zu betreiben. Dadurch, dass er sein Buch hauptsächlich in Geschichten schrieb, wie beispielsweise die Kaninchenaufgabe, war es für viele mathematisch Ungebildete deutlich einfacher, die Konzepte zu verstehen und auch anzuwenden. Fibonacci legte also einen wichtigen Grundstein für Mathedidaktik.

Seine Rechenmethoden erlaubten eine viel bessere Buchhaltung. Zum einen konnten so Aufzeichnungen schneller und platzeffizienter angefertigt werden, zum anderen konnten dank dem Stellenwertsystem Rechnungen leicht kontrolliert werden. Durch seine entwickelten bzw. veröffentlichten Algorithmen wurde so die Welt der (Finanz-)Mathematik für viel mehr Menschen geöffnet.

In Aktienhändlerkreisen verbindet man den Namen Fibonacci mit den "Fibonacci-Retracements", also den Fibonacci Rücksetzern. Wenn man zwei aufeinanderfolgende Fibonacci-Zahlen durcheinanderteilt, erhält man den goldenen Schnitt. Händler haben festgestellt, dass Kurse oft nach einem Fall von diesem Verhältnis wieder beginnen zu steigen.

Kuriositäten

Auch wenn wir historisch Fibonacci als äußerst einflussreich sehen, etablierten sich seine Konzepte nicht sofort überall. Beispielsweise verbot die Stadt Florenz 1299 die Nutzung der arabischen Ziffern. Zum einen, weil man leicht eine 0 in eine 6 oder 9 verwandeln konnte, zum anderen sahen einige das System als "heidnisch" oder "magisch" an.

Obwohl Fibonacci Latein schrieb (von links nach rechts), behielt er im Liber Abaci oft die arabische Gewohnheit bei, die Zahlenwerte von rechts nach links zu betrachten oder Brüche in einer Weise anzuordnen, die seinen Lehrern aus dem Orient entsprach.

Seine mathematische Genialität konnte er auch 1225 beweisen, als er von Kaiser Friedrich II. zu einem Hofduell gegen Johannes von Palermo herausgefordert wurde.

Zur damaligen Zeit war es normal, dass Mathematiker ihr Wissen auf diese Art bewiesen.

Palermo stellte Fibonacci drei äußerst schwere Fragen:

Finde eine Quadratzahl, die, wenn man 5 addiert oder 5 subtrahiert, wieder eine Quadratzahl ergibt.

Löse die Gleichung $x^3+2x^2+10x=20$

Finde für ein Gleichungssystem, bestehend aus drei Gleichungen mit 4 Unbekannten, die kleinstmöglichen positiven Zahlen, die alle drei Gleichungen erfüllen

Fibonacci war in der Lage, alle diese Probleme zu lösen, während alle anderen am Hof scheiterten.

Die TRIVIAL-Redaktion sieht sich selbst als große TOOL Fans verpflichtet, in einem Artikel über Fibonacci folgendes Trivia Wissen einzubauen:

Die Progressive-Metal-Band Tool veröffentlichte 2001 auf dem Album "Lateralus" den Song „Lateralus“, welcher komplett auf der Fibonacci-Folge basiert.

Der Sänger Maynard James Keenan singt die Silben im Takt der Zahlen:

- *Black (1)*
- *Then (1)*
- *White are (2)*
- *All I see (3)*
- *In my in-fan-cy (5)*
- *Red and yel-low then came to be (8)*

Auch der Taktwechsel des Schlagzeugs folgt mathematischen Mustern der Spirale. Es gilt selbst unter Prog-Metal-Fans als komplexes Musikstück.

Abschließend lässt sich sagen, dass Fibonacci nicht nur der Typ mit den Fibonacci-Zahlen war. Er leistete Großes und hatte einen großen Einfluss auf die Mathematik seiner Nachfolger. Deswegen ist er laut der TRIVIAL-Redaktion underrated.

Kuriositäten der Mathematik

Die Mertenssche Vermutung

Die folgende Geschichte dreht sich gar nicht so viel um das, was man aus der Vermutung direkt lernen kann, sondern eher, was sie uns über die Mathematik allgemein lehrt.

Wie so viele Dinge in der Mathematik hängt auch diese Kuriosität der Mathematik mit der Riemannschen Vermutung zusammen. Und das sogar mehr, als man anfangs denken mag. Wer mehr über dieses Mystikum was sich Riemannsche Vermutung schimpft lernen möchte ist herzlich eingeladen den ersten Artikel dieser Ausgabe zu lesen (aber erst nach diesem Artikel!!).

Mit den Zehenspitzen in der Zahlentheorie

Um die Mertenssche Vermutung zu verstehen, müssen wir erst einmal die Möbius-Funktion kennenlernen. Die Möbiusfunktion stammt aus dem Bereich der Zahlentheorie. Sie weist jeder natürlichen Zahl einen Wert zu. Und zwar entweder -1, 0 oder 1.

Jede natürliche Zahl ist entweder eine Primzahl oder lässt sich in ihre Primfaktoren aufteilen.

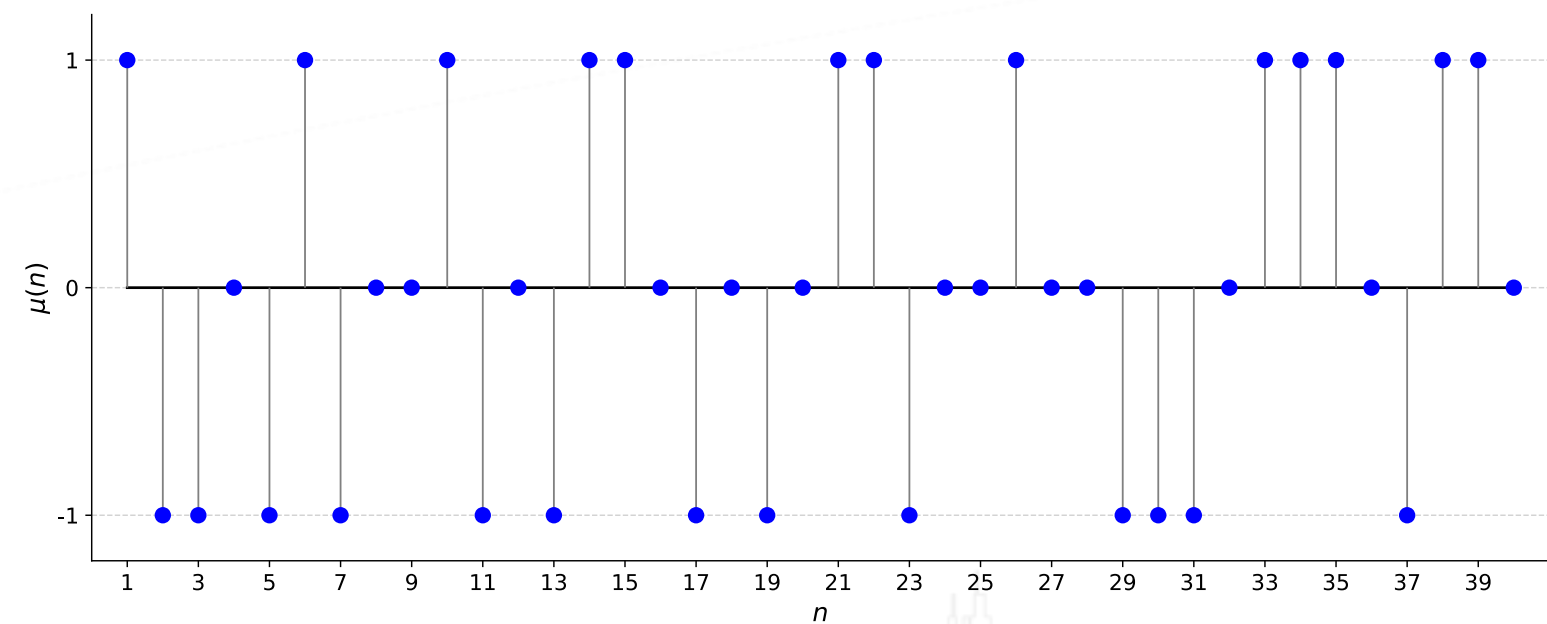
Nehmen wir beispielsweise die Zahl 12. 12 ist keine Primzahl. Sie lässt sich in $4 \cdot 3$ aufteilen. Dabei ist 3 eine Primzahl, die 4 allerdings nicht. Sie ist das Produkt aus 2 mit sich selbst: Also aus einem Quadrat. 12 ist also nicht quadratfrei.

Wenn eine natürliche Zahl NICHT Quadratfrei ist, weist die Möbiusfunktion ihr den Wert 0 zu.

Wenn die Zahl quadratfrei und aus einer geraden Anzahl Primfaktoren besteht, erhält sie den Wert 1, bei einer ungeraden Anzahl den Wert -1.

$$\mu(n) = \begin{cases} 1 & \text{falls } n = 1 \text{ oder } n \text{ Produkt einer geraden Anzahl verschiedener Primzahlen ist} \\ -1 & \text{falls } n \text{ Produkt einer ungeraden Anzahl verschiedener Primzahlen ist} \\ 0 & \text{falls } n \text{ einen quadratischen Primfaktor enthält} \end{cases}$$

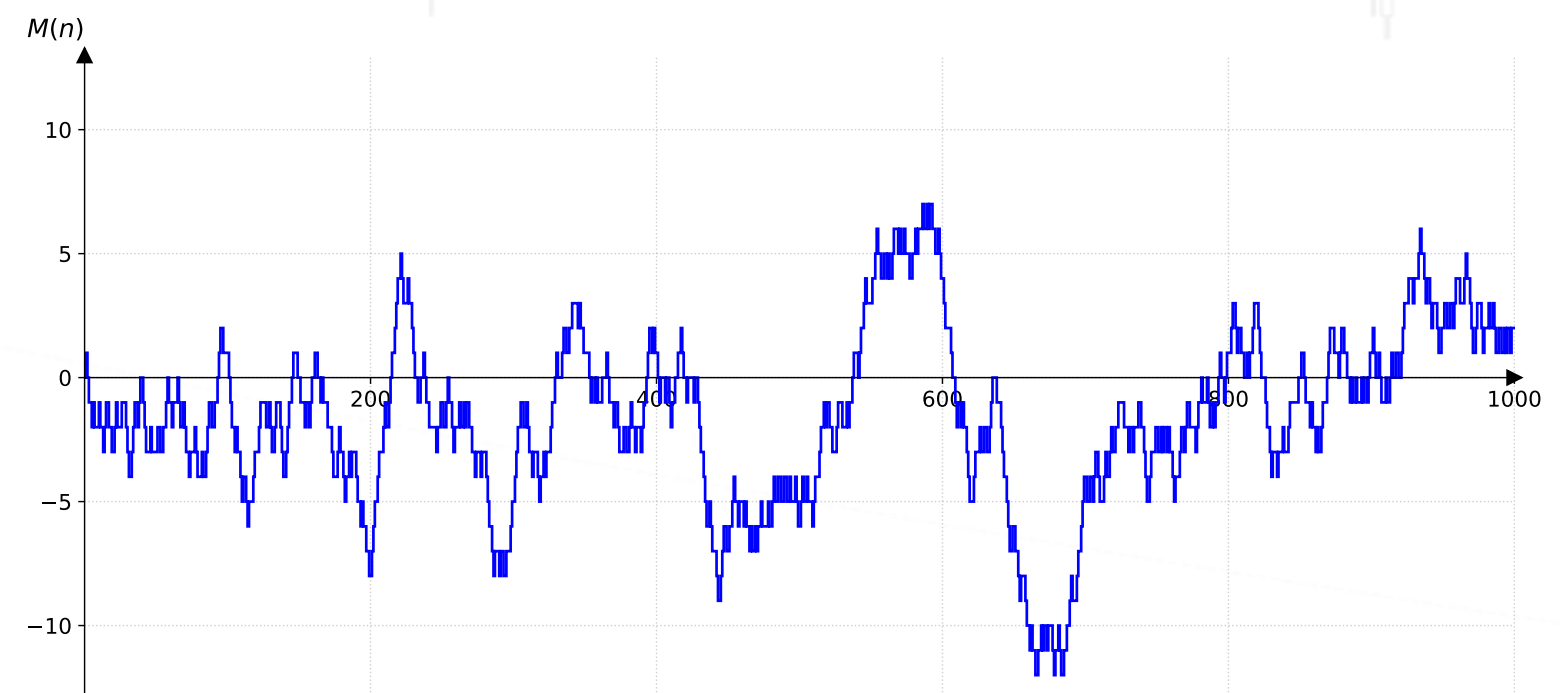
Für die ersten 40 natürlichen Zahlen würde die Möbiusfunktion so aussehen:



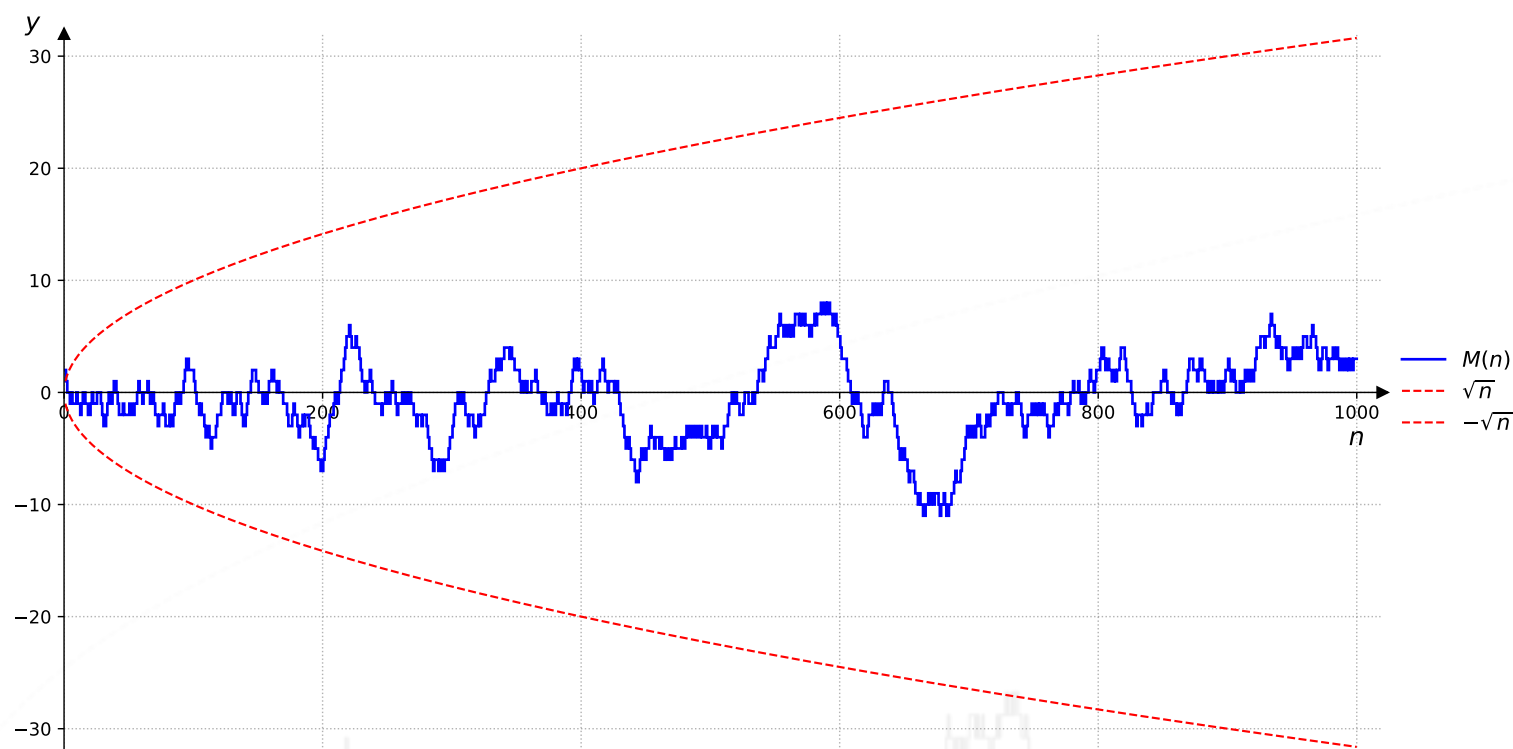
Die Mertens-Funktion

Der Mann hinter der Mertens-Funktion, Franz Mertens, betrachtete 1897 die Summe aller Werte der Möbius-Funktion bis zu einem beliebigen Punkt n. Formell geschrieben:

$$M(n) = \sum_{k=1}^n \mu(k)$$



Man sieht die Summe bewegt sich immer um die Null herum. Er schätzte ab, dass der Betrag der Mertens Funktion immer kleiner als $\sqrt{n}$ sein wird.



Somit trifft er eine sehr starke Aussage über die Verteilung der Primzahlen. Eine Aussage, die sogar noch stärker als die Riemannsche Vermutung war (siehe Artikel zur Millennium Prize Introduction). Wenn die Mertenssche Vermutung wahr wäre, wäre auch die Riemannsche Vermutung wahr.

Deswegen begannen Mathematiker zu rechnen. Natürlich zu Beginn mit primitiven Methoden, später automatisiert durch Computer. Mertens selbst überprüfte seine Abschätzung bis zur 10000 Stelle. Computer arbeiteten sich bis zur 10.000.000.000.000 (10^{13}) Stelle vor. Und für alle Zahlen, die die Programme durchliefen, schien die Mertenssche Vermutung zu halten.

Die Welt der Wissenschaft ist klein

Während Franz Mertens Mathe an der Universität Wien unterrichtete, war einer seiner Schüler Erwin Schrödinger. Der Katzenmann lernte also bei Mertens Analysis und Algebra.

Schrödinger erwähnte oft den Einfluss von seinen Professoren auf sein Denken.

Die Macht der mathematischen Logik

Erst 1985 widerlegten Andrew Odlyzko und Herman te Riele die Vermutung. Man könnte jetzt denken, sie fanden stumpf ein Gegenbeispiel und damit ist die Sache geklärt. Aber nein, sie zeigten nur, dass es solch ein Gegenbeispiel gibt. Und mathematisch ist das vollkommen ausreichend! Sie deuteten auf den Schatten des Monsters, ohne das Monster selbst erblicken zu können.

Sie formulierten durch geniales Umformen eine Abschätzung die zeigte, dass die Vermutung an einem Punkt bricht. Das Intervall in dem die Zahl liegt ist:

$$[10^{16}, 10^{1,4 \cdot 10^{64}}]$$

Die Dimensionen dieser Abschätzung

Die obere Grenze der Abschätzung ist eine 1 mit $1,4 \cdot 10^{64}$ Nullen. Im gesamten beobachtbaren Universum gibt es 10^{80} Atome. Wenn wir fast jedem davon einen Wert zwischen 0 und 9 zuordnen könnten und alle diese Atome in die richtige Reihenfolge bringen könnten, dann würde sich die Zahl, die das Gegenbeispiel wäre, darstellen lassen.

Ich glaube ich muss nicht dazu sagen, dass es somit keinen Computer gibt, welcher auch nur annähernd das Ausmaß dieser Zahl aufzeigen könnte.

Was lehrt uns diese Geschichte?

In der Mathematik ist es egal, ob man irgendeine endliche Anzahl an Beispielen durchgearbeitet hat. Mathematisch bewiesen ist damit noch gar nichts. Gerade nicht Mathematikerinnen und Mathematikern fehlt oft das Verständnis, dass etwas erst mathematisch bewiesen ist, wenn es vollständig gezeigt ist.

Es lehrt uns auch bei Riemannschen Hypothese, dass nur, weil wir schon unzählige Werte durchprobiert haben, wir immer noch keine Absolutheit über die Aussage selbst haben.

Der aufgeessene Mathematiker

Möglicherweise habt ihr schonmal davon gehört, dass die Niederländer schonmal ihren eigenen Staatschef aufgeessen haben - und zwar Johan de Witt. Was ihr vermutlich noch nicht wusstet: Er war begnadeter Hobby-Mathematiker und brachte diese Fähigkeit in seinen Beruf ein. Ein Jammer, dass er nicht für dieses Talent in die Geschichte einging.

Als Sohn einer wohlhabenden Familie war de Witt die politische Karriere bereits in die Wiege gelegt worden. Daher studierte er Jura und begann, als Anwalt zu arbeiten. In dieser Zeit beschäftigte er sich ebenfalls mit der Mathematik, insbesondere mit der analytischen Geometrie und verfasste sogar Schriften, die er mithilfe eines befreundeten Mathematikers veröffentlichte.

Doch neben der analytischen Geometrie hat es de Witt vor allem die Wahrscheinlichkeitsrechnung angetan, mit deren Hilfe er die Berechnung von Renten anpasste, als er schließlich politische Macht besaß.

Er war beinahe 20 Jahre Ratspensionär - also der wichtigste Mann der Niederlande - gewesen.

Währenddessen hatte die Republik Niederlande größere Geldprobleme. Diese hatten teilweise Kriege, aber auch schlechte Finanzpolitik als Ursache. De Witt, als Hobbymathematiker und Ratspensionär, wollte sich dieser Sache annehmen und begutachtete insbesondere die Leibrenten. Diese funktionierten wie folgt: Private gaben einmalig einen großen Betrag Geld an den Staat. Der Staat wiederum zahlte den Privaten bis zu ihrem Lebensende eine Rente. Doch die Berechnung dieser Geldmengen war intransparent und nach genaueren Betrachtungen erschienen sie de Witt als ziemlich unsinnig. Denn berechnet wurde da überhaupt nichts, sondern lediglich grob geschätzt.

Zu dieser Zeit lebte ebenso der niederländische Mathematiker Christiaan Huygens, der kurz davor die Wahrscheinlichkeitsrechnung auf ein neues Level hob. Er definierte, dass für jeden Ausgang eines Glücksspiels eine Wahrscheinlichkeit mit einem Erwartungswert existiert. Dies klingt vorerst recht einfach, doch brachte neue Konzepte in die Mathematik, da davor nur wenig mathematisch mit Wahrscheinlichkeiten gearbeitet wurde.

Basierend auf Huygens Arbeiten verbesserte de Witt die Staatsfinanzen. Er berechnete - nach der Betrachtung von Sterbetafeln - die durchschnittliche Lebenserwartung und passte die Leibrenten-Sätze an. Auch heute noch spielen diese Berechnungen eine große Rolle, denn die Versicherungsmathematik nutzt immer noch ähnliche Konzepte.

Leider brachte dies de Witt recht wenig, dass er die Staatsfinanzen stabilisierte. Denn 1672 zog Frankreich gegen die Niederlande in den Krieg und nur durch die Zerstörung der Deiche konnte ein weiterer Einmarsch verhindert werden - zum Leidwesen aller Anwohnenden, die ihre Häuser und Felder verloren. Wut kam gegen ihn auf und er überlebte ein Attentat nur knapp, er verlor dennoch seine Macht. Seinem Bruder Cornelis wurde zudem die Vorbereitung eines Attentates vorgeworfen, er wurde auf Lebzeiten aus den Niederlanden verbannt. Vor dem Gericht spielten sich im Anschluss brutale Szenen ab. Ein Mob von wütenden Niederländern wollte Blut sehen - das der de Witt-Brüder. Schließlich wurden sie getötet und mutmaßlich auch gegessen. Wer Interesse hat, kann jedoch immer noch einzelne Körperteile der Brüder im Historischen Museum in Den Haag bestaunen.

Was lernen wir daraus? Dass man aufgeessen werden kann, wenn man Wahrscheinlichkeitsrechnung betreibt? Wohl eher weniger. Heute ist Johan de Witt hoch angesehen und kaum noch umstritten. Statuen von ihm stehen in einigen niederländischen Städten - auch wenn seine mathematische Würdigung im Gedenken häufig zu kurz kommt. Immerhin sind bei diesen Statuen alle Körperteile noch vorhanden.

Die Äthertheorie

“Als Wissenschaft falsch lag” ist reine Provokation. Es geht hier nicht darum, die wissenschaftliche Methode zu kritisieren. Ganz im Gegenteil: Mit dieser Historie kann man direkt dabei sein, wie sie genutzt wurde und sich weiterentwickelte.

Die Äthertheorie: Eine Theorie, so alt wie die Physik selbst. Zumindest fast. Eine Theorie, bei der viele heute in Spott verfallen würden. “Die dummen Menschen haben damals wirklich so etwas geglaubt”. Von vielen wird sie heutzutage auf dieselbe Lächerlichkeitsstufe wie die flache Erde gestellt. Eher unbekannt ist dabei die Tatsache, dass sie der Idee der modernen Raumzeit und der speziellen Relativitätstheorie überraschend ähnelt.

Erst einmal wichtig klarzustellen ist, dass die Äthertheorie keine einheitliche Sache bezeichnet. Wie eingangs schon erwähnt, gibt es diese Idee des Äthers schon seit Jahrtausenden. Wie genau dieser Äther aussieht und was er alles erklären kann und was nicht, hat sich dabei mit der Zeit drastisch geändert (genauso wie die Schreibweise).

Und hier sieht man bereits das Herzstück des wissenschaftlichen Arbeitens: Ideen haben, Konzepte erklären, und mit neuen Erkenntnissen diese Konzepte überarbeiten. Höchst selten passiert es, dass eine Person eine fertige Theorie vorstellt. Auch wenn wir beispielsweise allgemein gesprochen Gravitation Einstein und Mechanik Newton zuschreiben, stehen dahinter immer viele brillante Köpfe, die nötig waren, um diese Theorien zu formulieren und zu beweisen.

Der Begriff Ethernet leitet sich direkt vom Äther ab. Der Name sollte hervorheben, dass Daten überall und jederzeit verfügbar sind.

Die Anfänge

Erstmals tauchte der Äther bereits bei Platon im 4. Jhr. v. Chr. auf. Er orientierte sich an der griechischen Göttin “Aither” und beschrieb mit Äther eine Art Reinform der Luft.

Aristoteles führte diese Idee weiter und nannte ihn das fünfte Element, die Quintessenz. Die Relevanz des Äthers für die damalige Weltanschauung lässt sich gut darin sehen, wenn man an die heutige Bedeutung von Quintessenz denkt.

Aber das Wort Weltanschauung passt schon ausgesprochen gut: Der Äther war Teil einer philosophischen Weltanschauung, nicht ein Mittel um physikalisch, geschweige denn mathematisch, die Welt zu erklären.

Aristoteles sah den Äther in seiner Elementenlehre als eine ewige Substanz an, die zwar für Bewegungen zuständig sei, fügte dem aber keine tiefere Erklärung hinzu.

Foreshadowing Urknall

Der englische Gelehrte Robert Grosseteste entwickelte am Anfang des 13. Jahrhunderts etwas, das der heutigen Urknalltheorie schon recht nahe kommt. Laut ihm war das Licht die erste körperliche Form, die Gott schuf. Dieses breitete sich von einem Punkt explosionsartig aus.

Grosseteste ging davon aus, dass der Äther die Materieform ist, die sich “maximal ausgedehnt” hat, wodurch sie vom Licht durchdrungen werden kann.

Grosseteste war eine absolute Ausnahme für die Forschung seiner Zeit. Er nutzte Mathematik statt Mystik, um seine Theorie zu begründen. Er machte sich außerdem Gedanken über die Unendlichkeit und kam zu dem Schluss, dass es verschiedene Größen von Unendlichkeiten geben muss: Ein Gedanke, den Georg Cantor erst Jahrhunderte später formalisierte.

Auch Alchemisten waren äußerst interessiert am Äther. Sie versuchten, das fünfte Element von Aristoteles im Labor aus irdischen Substanzen zu extrahieren.

Als es Alchemisten gelang, hochprozentigen Ethanol zu gewinnen, wurde dieser als flüssiger Äther bzw. als Himmelsstoff bezeichnet. Er war nämlich flüssig wie Wasser und brannte wie Feuer. Als zusätzlich noch entdeckt wurde, dass Fleisch und Frucht in Ethanol nicht verfaulen, war für viele klar: Der Alkohol muss die irdische Version des Äthers sein.

Der chemische Trivialname Ether (für Diethylether) leitet sich vom Ätherbegriff ab. 1730 entdeckte der Chemiker August Frobenius eine Flüssigkeit, die noch flüchtiger war als Ethanol. Weil sie so leicht verdampfte und "unsichtbar" war, wurde sie Ether genannt.

Nach dem Mittelalter

Vor allem Descartes stellte bemerkenswerte Theorien im 17. Jahrhundert auf, die modernen Physikern nur allzu bekannt vorkommen müssten. Und das über 300 Jahre vor der Quantenphysik!

Er überlegte, dass der gesamte leere Raum überall mit einer Form von Materie gefüllt sein muss. Oder mit anderen Worten, dass es keinen leeren Raum geben kann. Dies geht Hand in Hand mit modernen Erkenntnissen der Physik, welche zeigen, dass es keinen Raum gibt, der frei von Quantenfluktuation ist.

Laut Descartes bestand alles aus drei Arten der Materie. Dem Feuer: Es bildet aus einem fast flüssigen Staub die Sterne.

Der Erde: Grobe und klumpige Materie, aus welcher Planeten bestehen. Und dem Äther: Mikroskopische Kügelchen, die den gesamten Raum füllen.

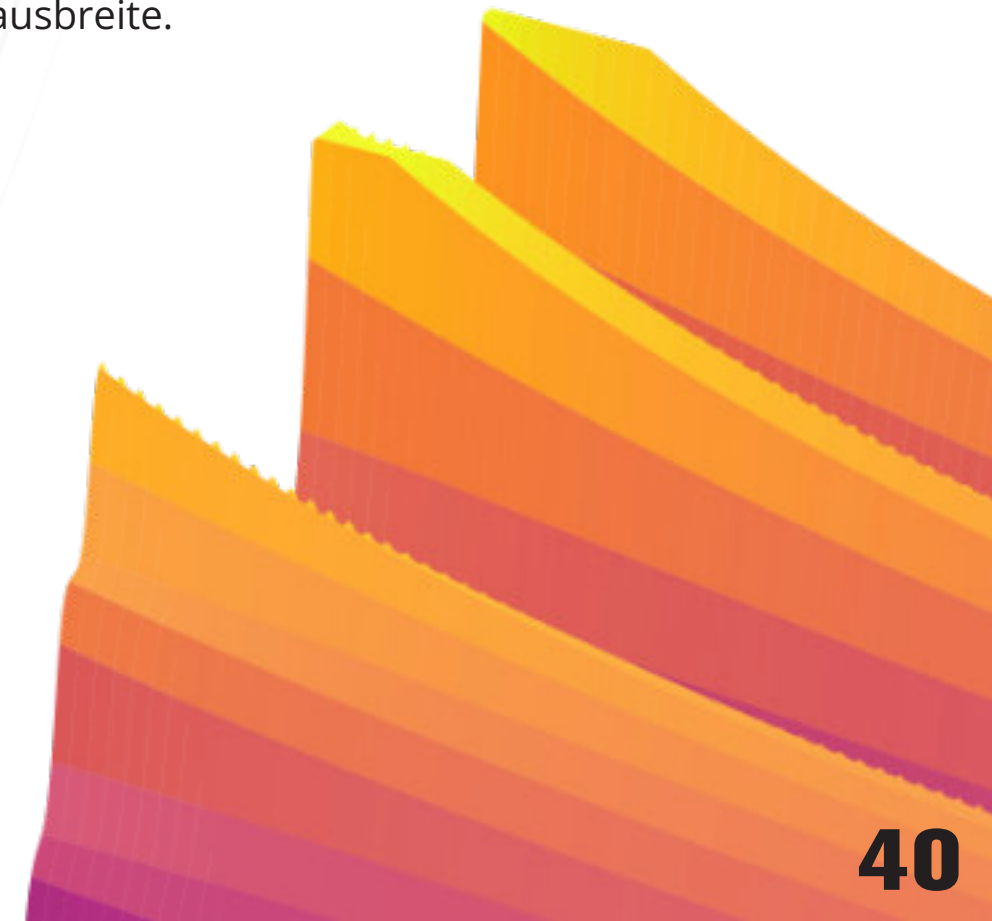
Er erklärte, dass die Sonne sich drehe und dadurch die Ätherkügelchen in Rotation versetzt werden. Für ihn gab es keine Schwerkraft, sondern nur Druck. Er hätte den berühmten fallenden Apfel also nicht mit der Anziehungskraft der Erde erklärt, sondern dadurch, dass der Äther ihn nach unten drückt.

Kluges Hinschauen

Blaise Pascal stellte auch die bemerkenswerte Überlegung auf, dass die Absenz von Luft bei weitem noch nicht identisch zu Leere sei.

All diese Überlegungen gingen auf die Frage nach dem Licht zurück. Zur Zeit von Descartes, welcher auch das Brechungsgesetz entdeckte, war die Optik wieder in Mode geraten. Und da kam dann auch schnell die Frage auf, in was für einem Medium sich Licht ausbreite. Und noch viel fundamentaler, was Licht überhaupt sei.

Robert Hooke (der Mann vom Hookeschen Gesetz, der durchaus noch einen eigenen Artikel verdient!) postulierte bereits 1665 erste Welleneigenschaften des Lichtes. Aber auch er nutzte einen Äther als Medium, in dessen Licht sich ausbreite.



In den darauffolgenden Jahrzehnten entwickelte Christian Huygens eine vollständige Wellentheorie, die nicht nur schnell als die anerkannte Theorie für Licht galt, sondern auch als eine fundamentale Bestätigung des Äthers.

Hierzu muss man erwähnen, dass damals bekannte Wellen immer in Kombination mit ihrem Medium bekannt waren. Beispielsweise Wasserwellen. Wie soll sich eine Wasserwelle ohne Wasser ausbreiten?

Heutzutage weiß man, dass sich Licht, besser gesagt elektromagnetische Wellen, auch ohne ein Medium ausbreiten kann.

Aber noch waren nicht alle überzeugt von der Lichttheorie Huygens. Isaac Newton beispielsweise kritisierte, dass sich Polarisierungseigenschaften so nicht erklären ließen. Dabei kritisierte er explizit nicht das Ätherkonzept, sondern erweiterte es sogar.

Aber auch er kam zu keinem endgültigen Ergebnis. Er selbst schrieb 1704 in seinem Werk Opticks "Denn was der Äther ist, weiß ich nicht".

Allerdings lässt sich hier schon ein starker Wandel sehen. Physiker benutzen den Äther aktiv als Theorie, über die man diskutieren kann, die allerdings sich durch Experimente beweisen lassen muss. Dabei wird die Theorie immer weiterentwickelt.

Elektromagnetismus: Wie anziehend

Ein wichtiger Durchbruch in der Physik kam mit Maxwell und seinen Gleichungen. Er entdeckte Gleichungen, welche heute noch genutzt werden, um Licht als elektromagnetische Welle zu beschreiben. Und das ist genau das, was man bis heute beigebracht bekommt. Doch auch Maxwell verließ sich voll und ganz auf den Äther. Er war vollkommen davon überzeugt, dass seine elektromagnetischen Wellen durch den Äther als Medium übertragen werden. Für ihn war die Vorstellung eines leeren Raumes unmöglich.

Aus heutiger Perspektive äußerst interessant ist, dass die Maxwell-Gleichungen als solche immer noch als unwiderlegt gelten, alle Äthertheorien allerdings bereits damals zu Widersprüchen in sich selbst führten.

180 Grad Wendung?

Hunderte von Jahre schliffen Physiker den Äther durch ihre Theorien. Niemand konnte ihn beweisen. Niemand konnte auch nur eine annähernd vollständige Erklärung für den Äther liefern. Und trotzdem wollte sich niemand von ihm trennen.

Aber genau diese Trennung, die die Physik brauchte, kam mit Albert Einstein. Auch er versuchte anfangs, am Äther festzuhalten. Aber als er, wie auch viele andere vor ihm, nicht weiterkam, tat er etwas, was durchaus mutig war: Er verwarf den Äther!

Das, was Lorentz und Poincaré schafften zu erklären, nämlich vor allem Längenkontraktion und Zeitdilatation, erklärte Einstein nun mit Eigenschaften von Raum und Zeit selbst, ohne dabei ein Medium wie den Äther vorauszusetzen.

Jeder, der den Begriff der Allgemeinen Relativitätstheorie mal gehört hat, weiß, wie bahnbrechend diese Erklärungen waren. Selbst heute klingt es für viele unvorstellbar, wenn man von Krümmung der Raumzeit redet. Zumindest wenn besagte Personen nicht bereits durch Science Fiction vollständig desensibilisiert worden sind.

Dies war eine äußerst kurze und absolut unvollständige Kurzhistorie der Äthertheorie. Diese Geschichte sollte aber auch nicht zeigen, wie genau sich Denker der jeweiligen Zeiten den Äther vorstellten, sondern eher sollte aufgezeigt werden, wie sich der Begriff durch die Jahrhunderte schlängelte und was die jeweilige Motivation war, an der Theorie weiterzuarbeiten.

Äther/Ether sind Begriffe die auch außerhalb der naturwissenschaftlichen Forschung immer mal wieder auftreten. So werden angebliche Heilmittel gerne mit als Produkt des Äthers angeboten. Tatsächlich heißen ätherische Öle, welche auch gerne im spirituellen Bereich genutzt werden, aufgrund ihrer hohen Flüchtigkeit so.

Wie Pinguine scheißen

“Projectile Trajectory of Penguin’s Faeces and Rectal Pressure Revisited”, oder zu Deutsch “Die Wurfparabel von Pinguinfäkalien und der Rektaldruck: Eine Neubetrachtung”.

Eine Anekdote, wie ich auf dieses Paper aufmerksam gemacht wurde:

In meinem ersten Semester als Physikstudent arbeitete ich als Wissenschaftliche Hilfskraft im großen Physiksaal. Eine meiner Aufgaben war es, während der Vorlesungen Bilder und Videos von der Regie aus auf den Beamer zu projizieren. Unter anderem auch während der Veranstaltungsreihe “Physik für Biowissenschaften”. Dabei sei dazu gesagt, dass der Professor reiner Physiker ist und eigentlich mit der Biologie nichts am Hut hat. Um aber den Studis zu zeigen, warum auch für sie als Biologen die Physik relevant ist, zeigte er dieses wunderschöne Paper.

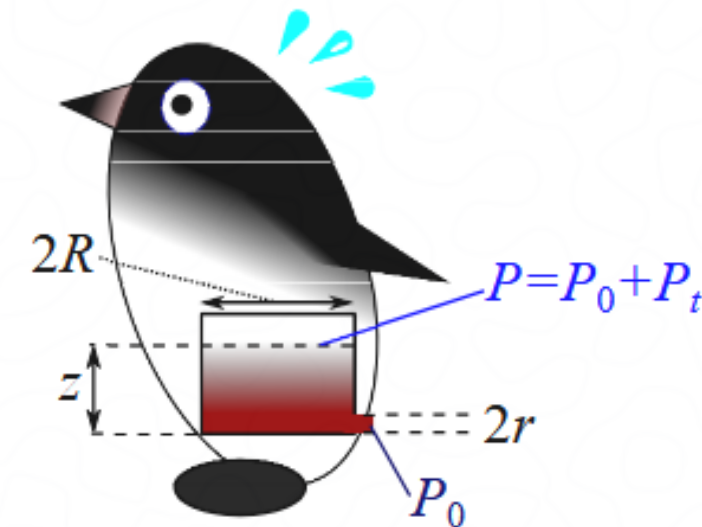
Meine persönlichen Highlights aus dem Paper sind folgende (ohne geordnete Reihenfolge):

Die Motivation

In dem Paper wird ein Sicherheitsabstand für Tierpfleger berechnet. Wenn Pinguine von einem 2 Meter hohen Felsen "abfeuern", benötigen Pflegerinnen und Pfleger einen Mindestabstand von 1,34 Metern, um nicht ins Kreuzfeuer zu geraten.

Die Autoren schlagen vor, dass dieses Paper Startlektüre für alle neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sein soll.

Auch wir von der TRIVIAL-Redaktion sind der Meinung, dass das Berufsfeld der Tierpflege mehr Differentialgleichungen benötigt!



Wenn das nicht schreit “Physik für Biowissenschaften”, dann weiß ich auch nicht.

Für alle Physik-Meme-Connaissseure sei dazu gesagt, dass der Magendarm-Komplex vereinfacht als Zylinder angenommen wird.

Der Vergleich mit dem Menschen

Am Ende des Papers berechnen die Autoren wie weit ein Mensch seine Fäkalien schießen könnte, wenn er denselben Rektaldruck wie ein Pinguin hätte. Das Ergebnis sind beeindruckende 3,13 Meter. Die Autoren fügen netterweise den Ratschlag hinzu, dass solche Personen keine “usual rest rooms” nutzen sollten.

Die Wortwahl

Es ist nicht alltäglich, dass Physiker mit dem Prozess der Fäkalienproduktion zu tun haben. Vielleicht haben sich gerade deswegen die Autoren dazu entschieden, möglichst anschauliche Formulierungen für den Gesamtprozess zu finden. Sie sprechen von “powerful shooting” und “bombings”. Man mag sich kaum die Umstände in einem Pinguingehege vorstellen bei solchen Umschreibungen.

Hochkomplexe Mathematik

Die Autoren haben sich wahrlich nicht lumpen lassen. Sie haben neben Newtonscher Mechanik auch die Bernoulli-Gleichung, sowie das Hagen-Poiseuille-Gesetz genutzt, um den Rektaldruck zu berechnen. Um den Luftwiderstand korrekt zu modellieren, nutzen sie die legendäre Lambertsche-W-Funktion, auf die sich TRIVIAL-Leserinnen und Leser bereits freuen dürfen. Sie wird in der zweiten Ausgabe tiefer behandelt.

Der Ausblick: Es bleibt turbulent

Die Autoren merken an, dass ihre Berechnungen vereinfacht sind und schlagen für zukünftige Arbeiten vor, "*komplexe hydrodynamische Verhalten wie Turbulenzen*" während des Ausscheidens zu untersuchen.

Es ist also nur eine Frage der Zeit, bis ein Team Forschungsgeld beantragt, um Turbulenzen von Pinguinkot zu simulieren.

$$\xi(x) = \ln(\arg(z))$$

$$\phi(x) = \ln(|z|)$$

Vielen Dank, dass sie TRIVIAL bis zum Ende gelesen haben.

Bei Rückfragen/Anfragen und Korrekturen können Sie sich vertrauensvoll an

trivial.redaktion@gmail.com

wenden.

Trivial

Die Redaktion

Max Busjahn

Moin Moin, ich grüße alle Wissenschaftsinteressierte und die, die es noch werden wollen. Ich bin Physikstudent und beschäftige mich seit Jahren hobbymäßig mit der Mathematik und Physik. Seit Jahren hatte ich die Idee, selber Wissenschaftscontent zu veröffentlichen. Durch Zufälle kam eins zum anderen und nun sitzen wir hier und schreiben Artikel über Trivia und Wissenswertes rund um die bunte Welt der Naturwissenschaften.

Antonia Bögershausen

Guten Morgen an alle Leser*innen, die sich bis hierhin durchgeschlagen haben. Ich bin Schülerin und habe vor einiger Zeit über YouTube Interesse an komplexer Mathematik gefunden. Vor allem die Riemannsche Vermutung war der Grund, weswegen ich tiefe Verknüpfungen in der Mathematik, die anfangs ziemlich unbegründet scheinen, zutiefst faszinierend fand. Deswegen schreibe ich für TRIVIAL - um dieses Interesse in anderen zu wecken und um mich selbst mit weiteren solcher Themen zu beschäftigen.