

Wie ein Planet am Schreibtisch entdeckt wurde - Mathematische Modelle

Hallo zusammen! Hier ist wieder eure Pfarrer mit dem Taschenrechner!

In meinen letzten beiden Videos ging es im Wesentlichen um die Schutzwirkung der Corona-Impfung. Wir haben ein bisschen gerechnet und haben ein paar Fake-News über die Impfung mit mathematischen Methoden sauber widerlegt.

Heute mal was ganz anderes! Ich möchte euch heute von einem Mathematiker erzählen, der am Schreibtisch einen neuen Planeten entdeckt hat - ganz ohne Teleskop, nur mit Hilfe der Mathematik. Das ist für mich eine Sternstunde der Naturwissenschaft, aus der man viel lernen kann.

Es geht um diesen Menschen hier: Urbain Le Verrier, ein französischer Mathematiker. Im Jahr 1846 machte er sich Gedanken über die Bahnen der Planeten in unserem Sonnensystem. Es war damals schon bekannt, dass der Planet Uranus nicht exakt der Bahn folgte, die man berechnet hatte. Die Keplerschen Gesetze und die Newtonsche Gravitationslehre waren die mathematische Basis für die Berechnung der Planetenbahnen. Normalerweise "gehorchten" die Planeten exakt diesen Gesetzen. Darum kann man ihren Lauf auch so genau vorausberechnen.

Bloß Uranus machte Probleme. Der schien den bekannten Gesetzen nicht zu gehorchen. Le Verrier hatte eine Idee. Er dachte sich: "Es könnte ja sein, dass es noch einen weiteren Planeten gibt, der den Uranus durch seine Schwerkraft so ein bisschen von seiner Bahn ablenkt. Wie wäre das?"



Le Verrier rechnete so lange herum, bis er eine theoretische Lösung hatte: Er rechnete durch, dass die Abweichungen der Uranus-Bahn sich ganz einfach erklären ließen, wenn es einen weiteren großen Planeten weiter draußen im Sonnensystem gäbe, der bis jetzt noch nicht entdeckt worden sei. Und nicht nur das: Le Verrier berechnete sogar die Position dieses neuen Planeten und seine Größe.

Das einzige Problem, das sich ihm stellte, war dies: Er hatte kein Fernrohr, das groß genug war, um den von ihm berechneten Planeten auch mit dem Auge beobachten zu können. Was tun?

Le Verrier schrieb einen Brief nach Berlin. Dort arbeitete der Astronom Johann Gottfried Galle an der berühmten Sternwarte mit einem sehr leistungsfähigen Teleskop. Le Verrier schrieb ihm: "Ich suche einen hartnäckigen Beobachter, der bereit wäre, einige Zeit einen Himmelsabschnitt zu untersuchen, in dem es möglicherweise einen Planeten zu entdecken gibt."

Am 23. September 1846 kam der Brief in Berlin an. Noch am selben Abend suchte der Astronom Galle mit seinem Gehilfen Heinrich D'Arrest an der berechneten Position den Himmel ab. Zunächst fiel ihnen nichts auf. Aber beim erneuten Durchgehen der Sternenkarten, auf denen alle bisher beobachteten und bekannten Sterne verzeichnet waren, fanden die beiden dann doch den *einen* Stern am Himmel, der in der Karte noch nicht verzeichnet war. Genau an der Stelle, die Le Verrier vorausberechnet hatte, ohne den Planeten je gesehen zu haben. Er hatte diesen Planeten einfach nur als mathematische Schlussfolgerung vorausgesagt, um die Abweichungen der Bahn des Uranus erklären zu können. Er hatte einen neuen Planeten in seinem Kopf entdeckt.

Galle und D'Arrest haben dann gemeinsam den neuen Planeten mit dem Teleskop gesehen. Er heißt Neptun. Fast zeitgleich hatte auch der englische Mathematiker und Astronom John Adams dieselbe

Idee; aber seine Berechnungen waren nicht ganz so genau, und außerdem wurde die Bestätigung mit dem Teleskop nicht durchgeführt. Darum gebührt Le Verrier die Ehre des Entdeckers von Neptun.

Warum erzähle ich euch das? Nun, bei dieser Geschichte kann man sehr gut sehen, wie Naturwissenschaft funktioniert. Wenn man eine Theorie hat, also eine Erklärung für die Vorgänge in der Natur, dann kann man mit dieser Theorie auch Voraussagen machen. Diese Voraussagen kann man dann in einem Experiment entweder bestätigen oder widerlegen - falsifizieren nennt man das Widerlegen auch.

Genau so ist Le Verrier vorgegangen: Er hatte ein Problem gesehen, nämlich die ungewöhnlichen Abweichungen in der Bahn des Uranus. Das konnte man sich bis dahin nicht erklären. Und er hatte eine Theorie, um sich das zu erklären: nämlich die Keplerschen Gesetze und die Newtonsche Gravitationslehre. Mit diesem Zahlenwerk hat er die Uranus-Bahnabweichungen mathematisch erklären können, indem er die Voraussage machte: "Wenn diese Gesetze und Berechnungen stimmen, wenn unsere Theorien über die Planetenbahnen stimmen, dann muss es an der und der Stelle des Himmels einen unentdeckten Planeten mit der und der Größe geben." Das war für Le Verrier eine Gewissheit, die er aus rein theoretischen Berechnungen am Schreibtisch gewonnen hatte.

Jetzt gab es zwei Möglichkeiten: Entweder gab es diesen Planeten tatsächlich, und man konnte ihn mit einem geeigneten Teleskop auch sehen; dann war die Theorie bestätigt. Oder man konnte diesen Planeten an der bezeichneten Stelle *nicht* sehen - dann war die Theorie widerlegt. Mithilfe des Teleskops in Berlin wurde die Theorie von Le Verrier grandios bestätigt.

Für die Mathematik und für die Naturwissenschaft war das eine Sternstunde - im wahrsten Sinne des Wortes: Da hat einer ein mathematisches Modell im Kopf, nur in seinen Gedanken, nur Formeln und Zahlen. Und dann haut er die Prophezeiung raus, dass es da einen neuen Planeten geben muss. Und Zack: bestätigt. Hammer! Ich krieg Gänsehaut, wenn ich drüber nachdenke.

Die Corona-Pandemie hat dazu geführt, dass wir uns mit mathematischen Modellen auseinandersetzen müssen. Da wird zum Beispiel ein R-Wert berechnet, oder eine 7-Tage-Inzidenz, oder eine Positivrate; es gibt Übersterblichkeit und Untersterblichkeit; auch eine Hospitalisierungsrate wird berechnet und vieles andere mehr. Es wird sogar berechnet, wie hoch das Risiko einer Infektion steigt oder sinkt, je nachdem wie lange und wie dicht man mit anderen Menschen in einem Raum gewesen ist. Zahlen, Zahlen, Zahlen. Und krasse Formeln, die die verschiedenen Zahlen miteinander verbinden. Das ist das Handwerkszeug der Naturwissenschaft: Daten erheben und diese Daten mathematisch aufarbeiten und erklären.

Ein interessantes mathematisches Modell für die Corona-Pandemie hat Prof. Thorsten Lehr von der Universität Saarbrücken entwickelt; das ist der "Covid-Simulator". Kann man auch als Laie sich einklinken und für sein Bundesland oder Landkreis ein Modell berechnen lassen. Probiert es mal aus! Am Robert-Koch-Institut, aber auch an vielen Forschungseinrichtungen hierzulande und weltweit werden Modelle zur Beschreibung der Pandemie entwickelt und verbessert.

Manche Leute sind sehr skeptisch gegenüber mathematischen Modellen. Sie sagen: "Das ist doch nur Theorie, nur Mathematik". Diese Kritik finde ich allerdings zu oberflächlich. Denn "nur" Mathematik, "nur" Theorie ist das ja nicht. Hätte der alte Galle in Berlin so gedacht, dann hätte er sich am 23. September 1846 nicht mehr nach Feierabend ans Teleskop gesetzt. Wenn der gesagt hätte: "Dieser französische Theoretiker mit seinem mathematischen Modell - der hat ja keine Ahnung vom

Sternenhimmel! Schreibtischtäter!" Wenn Galle das gesagt hätte - Pech für ihn, er hätte sich vermutlich immer geärgert, dass ihm die Entdeckung des Neptun durch die Lappen gegangen war.

Mathematische Modelle sind eben nicht "nur Theorie"! Sie werden so gemacht, dass sie die bisher gewonnenen Daten alle erklären können. Also: Man schaut sich erst einmal an, wie sich die Pandemie in der Vergangenheit entwickelt hat, also wie zum Beispiel die Kurve der Inzidenz, der Krankenhauseinweisungen und auch der Corona-Tode sich entwickelt hat und wie diese verschiedenen Faktoren zusammenhängen; und dann baut man seine Formeln so zusammen, dass sie zu den Daten der Vergangenheit möglichst exakt passen. Nur wenn das klappt, wenn die Formeln also zur Vergangenheit passen, also zu dem, was wir schon wissen, was feststeht - nur dann kann man Vertrauen haben, dass auch die Berechnungen für die Zukunft zutreffen werden, die man aus diesen Formeln dann ableitet. Je mehr feststehende Daten in die Modelle einfließen, desto besser können sie auch die zukünftige Entwicklung vorausberechnen.

Jetzt ist es allerdings schon desöfteren so gewesen, dass die Modelle ziemlich hohe Zahlen vorausgesagt haben, die dann aber doch nicht ganz so eingetreten sind. Wenn so etwas passiert, kann das verschiedene Ursachen haben: Zum Beispiel ein Fehler im Modell - eine falsche Formel, eine falsche Berechnung, eine falsche Annahme. Man muss bei solchen Modellen manchmal auch schätzen, weil man bestimmte Daten einfach noch nicht hat. Zum Beispiel jetzt gerade gibt es noch ziemlich wenig Daten zu der neuen Variante Omicron; da muss man derzeit noch schätzen: Wie schnell verbreitet es sich? Wie gut schützt die Impfung? Wie sehr macht es krank? Je mehr Zeit vergeht, desto mehr Daten aus dem wirklichen Leben gewinnt man dazu. Dann kann man besser schätzen, oder man braucht dann gar nicht mehr zu schätzen, weil man es dann einfach genau weiß.

Es gibt aber auch einen anderen Grund, warum die Voraussagen der epidemiologischen Modelle manchmal nicht zutreffen, und das ist der Faktor Mensch. Das Verhalten von Menschen kann man fast überhaupt nicht vorausberechnen. Ein Modell arbeitet immer mit den Daten, die man hat. Wenn ich jetzt eine Voraussage mache wie: "Bis Jahresende werden wir eine Inzidenz von 1.000 haben, und dann werden in den Wochen danach jeden Tag 500 Menschen sterben." Was löst eine solche Voraussage aus?

Nun, diese Voraussage löst bei manchen Menschen aus, dass sie sich in einer Diktatur wähnen und auf die Straße gehen. Sie sind der Meinung, dass solche Horror-Prophezeiungen nur gemacht würden, um ihnen die Freiheit zu rauben und sie einzuschüchtern.

Bei anderen Menschen löst diese Voraussage aus, dass sie für sich selbst und für die Menschen, mit denen sie zu tun haben, Vorsorge treffen: Sie tragen öfters Maske, sie achten noch genauer auf den Abstand; sie sagen Veranstaltungen ab und sie lassen sich boostern.

Diese letztgenannten Menschen machen natürlich durch ihr Verhalten das schöne Modell kaputt! Sie reduzieren die Kontakte, weil sie diese hohen Infektionszahlen verhindern wollen, die das Modell vorausgesagt hatte. Und die erstgenannten Menschen, die stellen sich hinterher hin und sagen: "Ihr mit eurer Panikmache! Ist wieder mal alles gar nicht eingetreten!"

Bei all den epidemiologischen Modellen muss man halt immer dazu sagen oder sich dazu denken: "*Wenn* alles weiterläuft wie bisher, *dann* wird dies oder jenes eintreten. Wir sehen das so kommen." Das ist wie, wenn ein Auto auf einen Abgrund zusteuert. Dann kann man auch die Prognose machen: "Wenn Du so weiterfährst wie bisher, dann wirst Du in 30 Sekunden in den Abgrund rasen." Diese Prognose gibt allerdings dann dem Fahrer die Möglichkeit, verschiedene Maßnahmen zu ergreifen:

- Er könnte auf die Bremse treten und noch vor dem Abgrund zum Stillstand kommen.
- Er könnte auch eine Kurve fahren und so dem Abgrund ausweichen.
- Er könnte notfalls, wenn alles nichts nützt, kurz vor dem Abgrund aus dem Wagen springen.

Mit all diesen Maßnahmen ändert der Fahrer die Bedingungen. Und dann muss das nicht eintreten, was vorausgesagt wurde, dann muss er nicht im Abgrund landen. Weil er selbst die Bedingungen geändert hat.

Was der Fahrer allerdings auch tun könnte, wäre folgendes: Er könnte sagen: "Das ist meine freie Entscheidung, wie ich fahre! Bleib mir weg mit Deinen mathematischen Modellen! Ich lasse mir den Spaß am Fahren nicht von Deinen miesen Horror-Szenarien verderben!" Und dann gibt er noch ein letztes Mal kräftig Gas.

Ich weiß: Das Beispiel mit dem Auto hinkt. Denn in der Pandemie landen die, die trotz allen Warnungen nochmal kräftig Gas geben, nicht automatisch im Abgrund. Sie fühlen sich sogar noch bestätigt, wenn durch die vielen anderen, die kräftig auf die Bremse getreten sind, die schlimmsten Befürchtungen gerade noch einmal abgewendet werden konnten. Das ist ein Dilemma, das man nicht auflösen kann. Das ist das berühmte Präventions-Paradox. Brauch ich nicht zu erklären, haben wir alle zur Genüge gehört.

Zurück zur Mathematik: Genau diesen Faktor Mensch, den kann man in mathematischen Modellen fast gar nicht "einpfeifen". Und das ist auch gut so! Die mathematischen Modelle geben uns immer auch die Möglichkeit, schlimme Folgen rechtzeitig zu erkennen und dann gegenzusteuern, dass diese schlimmen Folgen vermieden werden können. Also: Rechtzeitig auf die Bremse zu drücken.

Es gibt aber auch Dinge, die wir nicht mehr ändern können. Zum Beispiel Infektionen, die schon passiert sind, die werden unweigerlich zu einer bestimmten Anzahl von Krankenhauseinweisungen, schweren Verläufen und auch Todesfällen führen. Was passiert ist, ist passiert - und mit den Konsequenzen muss man dann leben. Ist übrigens beim Klimawandel ganz genau dasselbe Prinzip. Und auch da gibt es Leute, die sich ums Bremsen bemühen, damit wir dem Abgrund entgehen, und es gibt Leute, die Gas geben, weil sie meinen: "Es hat ja dieses Jahr sogar weiße Weihnachten gegeben! Also ist das alles nicht so schlimm."

Das mathematische Modell von Urbain Le Verrier, das konnte auf den Faktor Mensch verzichten. Planeten sind nicht vernünftig. Und sie sind auch keine Querdenker. Planeten können sich, nach allem was wir wissen, nicht entscheiden, ob sie die nächste Runde um die Sonne auch noch drehen wollen oder vielleicht doch mal links abbiegen wollen Richtung Alpha Centauri, weils da so schön ist. Nein: Planeten gehorchen den Naturgesetzen, darum kann man ihre Bahnen so schön vorausberechnen.

Bei Viren ist das auch so. Die gehorchen auch den Naturgesetzen. Da kann man ziemlich viel voraussagen, und wenn so ein Virus erst mal im Körper drin ist, dann macht es dort seinen Job, dann läuft sein biologisches Programm ab, und das kann bitter werden.

Bevor das Virus allerdings in den Körper gelangt, ist da noch der Faktor Mensch. Den kann man nicht vorausberechnen. Das ist aber auch nicht schlimm, im Gegenteil: Ich bin froh, wenn wir den Modellierern mal wieder ein Schnippchen geschlagen haben. Wenn wir mal wieder bewiesen haben, dass wir mit vereinten Kräften und mit Vernunft gegensteuern können, dass wir Infektionen vermeiden und Horrorszenarien abwenden können. Was dann trotz allem immer noch eintritt, ist ja auch noch schlimm genug, finde ich.

Zum Schluss wieder die Frage, die ihr euch vielleicht auch stellt: "Pfarrer, warum machst Du das?" Auch dieser Beitrag über mathematische Modelle hat einen Bezug zu meinem Beruf. Da gab es in der Bibel den Propheten Jona. Der sollte den Leuten in der Stadt Ninive den Untergang prophezeien. Hat Gott ihm aufgetragen.

Erst hatte Jona keine Lust, denn Untergangsprophet will niemand gerne sein. Ich glaube auch, dass es Leuten wie Dirk Brockmann und Viola Priesemann keine große Freude bereitet, wenn sie uns vorrechnen müssen, was Schlimmes passieren wird, *wenn* wir nichts ändern und Kontakte nicht reduziert werden. Die werden sogar bedroht für ihre Modellierungen; dabei machen die einfach nur ihren Job.

"In vierzig Tagen wird Ninive untergehen." Das war Jonas Job. Das war die Prognose, die er den Leuten in Ninive sagen musste. Er wusste auch: Unheilspropheten wurden damals gerne mal umgebracht - diese Ambitionen aus dem Altertum gibt es leider heute auch noch.

Jona hat sich schließlich hingesetzt und gewartet. Hat gewartet, bis der Herr Ninive vernichtet. Bis sein Modell aufgeht.

Nach vierzig Tagen: Nix passiert! Jona, der Karl Lauterbach des Alten Testaments, hat Panik verbreitet, hat die Leut' verrückt gemacht, für nix und wieder nix! Jona ärgert sich sogar selber darüber, dass sein mathematisches Modell mit den 40 Tagen nicht funktioniert hat. Hat er sich vielleicht verzählt? Nein, der Blick in den Kalender zeigt ihm: die vierzig Tage sind um, und die Zerstörungs-Inzidenz liegt immer noch bei Null.

Jona hadert mit Gott, er macht Gott Vorwürfe, weil seine Unheilsweissagungen nicht eingetroffen sind. Wie steht er denn jetzt da? Als Prophet hat er sich total blamiert. Sein Ruf als Modellierer ist ruiniert!

Was inzwischen in Ninive geschah - das ist auch hier der Faktor Mensch. Der König von Ninive und seine Untertanen haben Buße getan. Sie haben eingesehen, dass sie bisher auf dem falschen Weg waren. Jona hat ihnen die Augen geöffnet für den Abgrund, auf den sie zusteuern. Sie haben Gott um Gnade gebeten und ihrem Leben eine neue Richtung gegeben. 40 Tage lang sind sie in Sack und Asche gegangen, haben sich gedemütigt vor Gott, haben Reue gezeigt und ein neues Leben angefangen. Und damit ... konnte keiner rechnen!

In der Tat. Mit dem Faktor Mensch kann man nicht rechnen. Aber mit dem Faktor Gott und mit dem Faktor Gnade darf man immer rechnen.

In diesem Sinne: Ich wünsche euch allen ein gesegnetes Neues Jahr! Ich wünsche uns allen, dass die schlimmsten Voraussagen abgewendet werden können, und dass wir als Faktor Mensch beweisen, dass wir gut füreinander sorgen und gut aufeinander achten können. Ich glaube, die Corona-Modellierer freuen sich mit uns, wenn wir ihre Zahlen durch vernünftiges Verhalten runter drücken.

Bleibt gesund und seid behütet!

Henner Eurich, 27.12.2021

Quellen:

- Matthias Steinmetz: Die Entdeckung Neptuns: <https://www.spektrum.de/magazin/die-entdeckung-des-planeten-neptun/1418283>
- Wikipedia-Artikel Neptun: [https://de.wikipedia.org/wiki/Neptun_\(Planet\)#Entdeckung_und_Benennung](https://de.wikipedia.org/wiki/Neptun_(Planet)#Entdeckung_und_Benennung)
- Die Bibel - Das Buch Jona: <https://www.die-bibel.de/bibeln/online-bibeln/lesen/BB/JON.1/Jona-1>
- Foto von Urbain Le Verrier: © User Magnus Manske on en.wikipedia, Public domain, via Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Urbain_Le_Verrier.jpg
- Der COVID-Simulator: <https://covid-simulator.com>