Forschungsvorhaben werden oft nur unter dem Aspekt konkreter Anwendbarkeit anerkannt. Die Geschichte lehrt uns aber, dass grundlegende neue Erkenntnisse seit der Antike häufig zweckfrei und spielerisch ("ludisch") aus der dem Menschen innewohnenden Neugierde heraus gefunden wurden.

Dieses Buch erzählt, wie aus Spielen ohne Intention Nützliches entstand. Aus einer an der Haut kribbelnden Vase wurde der erste elektrische Kondensator, der in vielfach kleinerer Form später in Billionen Smartphones verwendet wurde, ein geschickt gebogener Draht ergab ein Patent für die erste Büroklammer, ein misslungener Ersatz für Autoreifengummi wurde zum ersten weltweit vermarkteten Kaugummi ...

Mit dem neu etablierten "Mario Markus-Preis für Ludische Wissenschaften" der Gesellschaft Deutscher Chemiker, dessen Begleitwerk dieses Buch ist, sollen Forschungsvorhaben im Feld der Naturwissenschaften gewürdigt werden, die einen "spielerischen" Ansatz verfolgen. Als "spielerisch" gelten hierbei Entdeckungen deren zugrunde liegenden Forschung nicht im Hinblick auf eine spezifische Anwendung sondern einfach aus Neugier an den natürlichen Phänomen um uns herum unternommen wurde.

Mario Markus wurde 1944 als Sohn deutsch-jüdischer Flüchtlinge in Chile geboren. Er studierte in Heidelberg Physik, wo er 1973 auch promoviert wurde. Anschließend arbeitete er als Arbeitsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für molekulare Physiologie in Dortmund und Professor an der dortigen Universität. Er schrieb zahlreiche Publikationen in internationalen Zeitschriften über Selbstorganisation in physikalischen, biologischen und chemischen Systemen und verfasste Bücher über die Verschmelzung von Naturwissenschaft und Kunst.

Weitere Informationen gibt es unter
www.mariomarkus.com.

Bestellformular

Online-Bestellungen siehe **www.pfeil-verlag.de**

Anschrift

E-Mail

Verlag Dr. Friedrich Pfeil
Wolfratshauser Straße 27
81379 München
Germany

Tel.: +49 89 5528600-0 • Fax: +49 89 5528600-4
E-Mail: info@pfeil-verlag.de • **www.pfeil-verlag.de**

3-2022

Zur Bestellung direkt beim Verlag haben Sie drei Möglichkeiten:

1. Am einfachsten bestellen Sie über die Website des Verlags www.pfeil-verlag.de.
2. Sie können auch formlos per E-Mail bestellen. In diesem Falle erhalten Sie eine Proforma-Rechnung. Nach Zahlungseingang erfolgt die Lieferung.
3. Schicken oder faxen Sie uns diesen Bestellzettel.

Ich bestelle hiermit

☐ Exemplar(e)

Ludische Wissenschaften
Mario Markus
€ 19,80

Datum

Unterschrift

ISBN 978-3-89937-276-2

56 Seiten, 24,6 × 17,4 cm, Hardcover
28 Farbabbildungen, 19 Schwarzweißabbildungen

19,80 Euro

Die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion

Boris Belousov und Anatoli Zhabotinsky entdeckten in den 1950er Jahren eine chemische Reaktion, die nicht wie alle andern einem bestimmten Verlauf folgt, sondern ab einem Zeitpunkt "rucksweise" abläuft, dann aber wieder vorwärts, und dies mehrere Male oszillierend wiederholt. Die Veröffentlichung dieser Beobachtung als erste Reaktion ihrer Art stieß spontan auf sehr große Aufmerksamkeit unter Chemikern, die sich ein solches Verhalten weder vorsetzlich noch erklären konnten.

Um diese chemische Schwingung zu beobachten mischt man ein Bromid, ein Bromat, Schwefelsäure und einen Katalysator, zum Beispiel das eisenhaltige Ferroin. Etwa im Minutentakt sieht man im Folgenden einen faszinierenden Wechsel von intensivem Blau, gefolgt von Rostrot, abgelöst wieder von Blau, usw.

Kann man dieses unglaubliche Verhalten erklären? Wie in anderen chemischen Reaktionen, vermehren sich die aus dem Gemisch entstehenden winzigen Mengen bromiger Säure in einer "ereptiven" (autokatalytischen) Reaktion, bis der sich die Anzahl der Moleküle in kürzester Zeit in jedem Reaktionsschritt verdoppelt. Dabei oxidiert Br^{+} (rot) zu Br^{2} (blau), wobei letzteres Bromid erneugt. In Konkurrenz verbraucht Bromid aber die bromige Säure und stoppt dadurch die "chemische Eruption". Erst wenn nach einer Erholungsphase wieder winzige Mengen bromiger Säure (aus nachgerendem Bromat) zugeführt worden, kann alles wieder von vorn beginnen.

Wenn man die Lösung nicht umrührt und sie sich flach auf einer Schale ausbreiten läßt, dann bilden sich blaue spiralförmige oder konzentrische Wellen auf einem roten Hintergrund (rechtes Bild). Benutzt man einen Katalysator auf Basis von Ruthenium statt Eisen, dann sind diese Wellen sogar durch Licht manipulierbar.

13

Der Kugelschreiber

Laut einer Abschätzung des Verkaufsumsatzes besitzt jeder Deutsche durchschnittlich 13 funktionierende Kugelschreiber, die versteut in Schubladen, auf Tischen oder in Taschen stecken. Doch der weltweit einträglichste Umsatz fand bis vor einigen Jahrzehnten in der Flugtechnik statt. Tinte aus Füllfederhaltern fließt nämlich *aufgrund* des niedrigen äußeren Luftdrucks in offenen Flugzeugen aus, was bei Kugelschreibern nicht der Fall ist.

Der ungarische Erfinder László Biró verkaufte seinen ersten, 1938 hergestellten Kugelschreiber für 40 US-Dollar, entsprechend der heutigen Kaufkraft von 600 US-Dollar. Heute ist diese Art von Schreiber so verbreitet, dass sogar die Benutzer den Stift mit seinem Namen bezeichnen: Biro in Großbritannien, Irland, Australien und Italien, Biron in Frankreich und Bironie in Argentinien, wo Biró eine riesige Fabrik für die Herstellung dieser Stifte aufbaute, und es damit zu großem Vermögen brachte.

Doch wie fing alles an? Nachdem er sich als Versicherungsmakler, Hypnotiseur, Journalist, Maler, Rennfahrer, Rennstallbesitzer, Techniker und Mitarbeiter in einem Kunstverlag finanziell über Wasser gehalten hatte, machte er zuhause eine amüsante Beobachtung, die sein Leben verändern sollte. Er sah, wie seine Tochter Mariana eine Murmel rollen ließ, und zwar durch eine Pfütze, die von trockener Erde umgeben war. Wahrscheinlich hatte jemand Flüssigkeit vergossen und so die Pfütze auf trockenem Boden erzeugt. Nach Durchlaufen der Pfütze hinterließ die Murmel eine Spur auf der Erde. Obwohl ihn das zunächst nicht besonders beeindruckte, blieb das Erlebnis in seiner Erinnerung haften.

Als Biró wieder im Kunstverlag war, beobachtete er die Rotation der Druckmaschinen und erkannte, dass die Tinte nicht schmierte, sondern sofort trockneten. Er dachte dann an die Murmel seiner Tochter und stellte fest, dass man ein Schreibgerät mit einer rollenden Kugel entwickeln könne, bei dem die Tinte sich ähnlich verhält. Sein Bruder György, der auch in dem Verlag arbeitete, erkundigte sich für ihn dann in der Werkstatt, und fand heraus, dass die Druckertinte aus zwei Komponenten besteht: einer flüssigen, die von Papier eingesaugt sehr schnell trockenet und dabei die zweite, pulverförmige Komponente auf dem Papier zurücklässt.

Wochenlang spielte László dann zuhause mit kleinen Röhren, Tinten und den kleinsten auffindbaren Kugeln in Kugellagern herum, bis er den ersten Kugelschreiber vollendet hatte.

In einer schicksalshaften Fügung wurde Biró während eines Urlaubs in Jugoslavien in einem Restaurant beobachtet, wie er mit seinem einzigartigen Schreibwerkzeug eine Postkarte schrieb. An einem Nachbartisch saß Agustin Justo, der spätere Präsident von Argentinien werden sollte. Dessen Neugier ließ ihn Biró ansprechen und mit ihm Adressen austauschen. 1943 wurde die Situation in Ungarn für Biró als Jude unerträglich und, inzwischen Präsident von Argentinien geworden, stellte Justo ihm ein handgeschriebenes Visum aus. Justo half ihm ebenfalls in Argentinien eine Fabrik für Kugelschreiber aufzubauen.

12

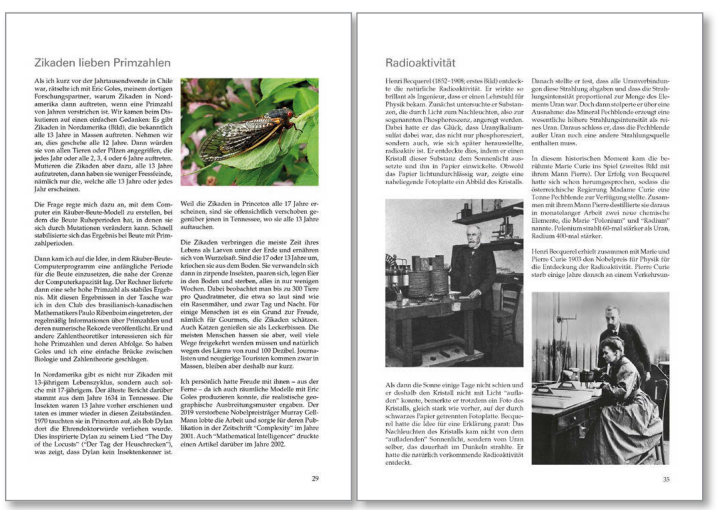
Die **Blasenkammer**, die ihrem Entwickler Donald Glanser einen Nobelpreis einbrachte, nahm ihren Anfang in einer Bar. Ihm kam die Idee während er die Luftblasen in seinem Bierglas beobachtete und bald darauf herausfand, daß diese Blasen ihren Ursprung an kleinsten Partikeln im Bier haben. Am Ende des darauf folgenden Herumprobierens mit verschiedenen Flüssigkeiten und Gasen stand eine flüssigkeitsgefüllte Kammer die die subatomaren Partikel, welche in einem Teilchenbeschleuniger durch die Kollision von Atomen entstehen, nachweisen konnte.

Im Jahre 1928 sah László Biró seiner Tochter beim Spielen zu, als sie eine Murmel durch eine Pfütze rollen lies und das Wasser eine Spur auf dem umgebenden trockenen Boden hinterliess. Diese Beobachtung führte zu einer Vielzahl an Experimenten mit Stahlkugeln und Tinte an deren Ende der erste funktionierende **Kugelschreiber** stand, der Biró zum Millionär machte.

Dies sind die Kurzfassungen von nur zwei der über 30 Beispiele von spielerischem – ludischem – Forschen, und dessen nachhaltigen Auswirkungen auf unser heutiges Leben, die in diesem Buch zu finden sind.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort
- Die Leidener Flasche
- Die Mendelschen Erbregeln
- Phosphor
- Der Seebeck-Effekt
- Der Herzschrittmacher
- Der Kugelschreiber
- Die Belousov-Zhabotinksy-Reatkion
- Das Positron
- Die Vorgeschichte der Kernspaltung
- Der Traum eines arabischen Prinzen
- Das Vakuum
- Alfred Wegeners Spiel
- Die Voltasche Säule
- Kaugummi


Zikaden lieben Primzahlen

Als ich kurz vor der Jahrtausendwende in Chile war, rätselte ich mit Eric Goles, meinem dortigen Forschungspartner, warum Zikaden in Nordamerika dann auftreten, wenn eine Primzahl von Jahren verstrichen ist. Wir kamen beim Diskutieren auf einen einfachen Mechanismus für jene Zikaden in Nordamerika (Bild), die bekanntlich alle 13 Jahre in Massen auftreten. Nehmen wir an, dies geschehe alle 12 Jahre. Dann würden sie von allen Tieren oder Pflanzen angegriffen, die jedes Jahr oder alle 2, 3, 4 oder 6 Jahre auftreten. Mutieren die Zikaden aber dazu, alle 13 Jahre aufzutreten, dann haben sie weniger Feindfeinde, nämlich nur die, welche alle 13 Jahre oder jedes Jahr erscheinen.

Die Frage regte mich dazu an, mit dem Computer ein Räuber-Beute-Modell zu erstellen, bei dem die Beute Raupenfeuer hat, in denen sie sich durch Mutationen verändern kann. Schnell stabilisierte sich das Ergebnis bei Beute mit Primzahlperioden.

Dann kam ich auf die Idee, in dem Räuber-Beute-Computerprogramm eine anfängliche Periode für die Beute einzustellen, die nahe an der Grenze der Computerkapazität lag. Der Rechner lieferte dann eine sehr hohe Primzahl als stabiles Ergebnis. Mit diesen Ergebnissen in der Tasche war ich in dem Club des brasilianisch-kanadischen Mathematikers Paulo Ribenboim eingetreten, der regelmäßig Informationen über Primzahlen und deren numerische Rekorde veröffentlicht. Er und andere Zahlentheoretiker interessierten sich für hohe Primzahlen und deren Abstände. So haben Goles und ich eine einfache Brücke zwischen Biologie und Zahlentheorie geschlagen.

In Nordamerika gibt es nicht nur Zikaden mit 13-jährigem Lebenszyklus, sondern auch solche mit 17-jährigem. Der älteste Bericht darüber stammt aus dem Jahre 1634 in Tennessee. Die Insekten waren 13 Jahre vorher erschienen und taten es immer wieder in diesen Zeitabständen. 1970 tauchten sie in Princeton auf, als Bob Dylan dort die Ehrendoktorwürde verliehen wurde. Dies inspirierte Dylan zu seinem Lied "The Day of the Locusts" ("Der Tag der Heuschrecken"), was zeigt, dass Dylan kein Insektenkenner ist.

Weil die Zikaden in Princeton alle 17 Jahre erscheinen, sind sie offensichtlich verschieden gegenüber jenen in Tennessee, wo sie alle 13 Jahre auftauchen.

Die Zikaden verbringen die meiste Zeit ihres Lebens als Larven unter der Erde und ernähren sich von Wurzelsaft. Sind die 17 oder 13 Jahre um, kriechen sie aus dem Boden. Sie verwandeln sich dann in zirpende Insekten, paaren sich, legen Eier in den Boden und sterben, alles in nur wenigen Wochen. Dabei beobachtet man bis zu 300 Tiere pro Quadratmeter, die etwa so laut sind wie ein Rasenmäher, und zwar Tag und Nacht. Für einige Menschen ist es ein Grund zur Freude, nämlich für Gourmets, die Zikaden schätzen. Auch Katzen genießen sie als Leckerbissen. Die meisten Menschen hassen sie aber, weil viele Wege freigekehrt werden müssen und natürlich wegen des Lärms von rund 100 Dezibel. Journalisten und neugierige Touristen kommen zwar in Massen, bleiben aber deshalb nur kurz.

Ich persönlich hatte Freude mit ihnen – aus der Ferne – da ich auch räumliche Modelle mit Eric Goles produzieren konnte, die realistische geographische Ausbreitungsmuster ergaben. Der 2019 verstorbene Nobelpreisträger Murray Gell-Mann lobte die Arbeit und sorgte für deren Publikation in der Zeitschrift "Complexity" im Jahre 2001. Auch "Mathematical Intelligencer" druckte einen Artikel darüber im Jahre 2002.

29

Radioaktivität

Henri Becquerel (1852–1908; ersten Bild) entdeckte die natürliche Radioaktivität. Er wirkte so brilliant als Ingenieur, dass er einen Lehrstuhl für Physik bekam. Zunächst untersuchte er Substanzen, die durch Licht zum Nachleuchten, also zur sogenannten Phosphoreszenz, angeregt werden. Dabei hatte er das Glück, dass Uranylkaliumsulfat dabei war, das nicht nur phosphoreszierte, sondern auch, wie sich später herausstellte, radioaktiv ist. Er entdeckte dies, indem er einen Kristall dieser Substanz dem Sonnenlicht aussetzte und ihn in Papier einwickelte. Obwohl das Papier lichtundurchlässig war, zeigte eine naheliegende Fotoplatte ein Abbild des Kristalls.

Als dann die Sonne einige Tage nicht schien und er deshalb den Kristall nicht mit Licht "aufladen" konnte, bemerkte er trotzdem ein Foto des Kristalls, gleich stark wie vorher, auf der durch schwarzes Papier geteuenten Fotoplatte. Becquerel hatte die Idee für eine Erklärung parat: Das Nachleuchten des Kristalls kam nicht von dem "aufladenden" Sonnenlicht, sondern vom Uran selber, das dauerhaft im Dunkeln strahlte. Er hatte die natürlich vorkommende Radioaktivität entdeckt.

Danach stellte er fest, dass alle Uranverbindungen diese Strahlung abgaben und dass die Strahlungsintensität proportional zur Menge des Elements Uran war. Doch dann stolperte er über eine Ausnahme: das Mineral Pechblende erzeugt eine wesentliche höhere Strahlungsintensität als reines Uran. Daraus schloss er, dass die Pechblende außer Uran noch eine andere Strahlungsquelle enthalten muss.

In diesem historischen Moment kam die berühmte Marie Curie ins Spiel (rechtes Bild mit ihrem Mann Pierre). Der Erfolg von Becquerel hatte sich schon herumgesprochen, sodass die österreichische Regierung Madame Curie eine Tonne Pechblende zur Verfügung stellte. Zusammen mit ihrem Mann Pierre destillierte sie daraus in monatelanger Arbeit zwei neue chemische Elemente, die Marie "Polonium" und "Radium" nannte. Polonium strahlt 60-mal stärker als Uran, Radium 400-mal stärker.

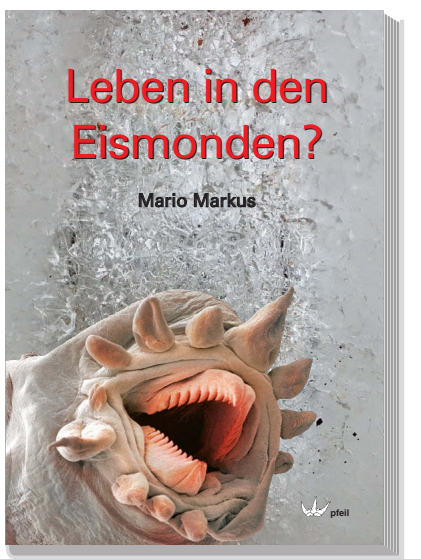
Henri Becquerel erhielt zusammen mit Marie und Pierre Curie 1903 den Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der Radioaktivität. Pierre Curie starb einige Jahre danach an einem Verkehrsun-

35

- Ayahuasca: Spielen für die Psychotherapie
- Umami: Die fünfte Geschmacksrichtung
- Viagra
- Die Büroklammer
- Topologie und Zahlentheorie
- Zikaden lieben Primzahlen
- Wenn man sogar die Unvorhersagbarkeit nicht vorhersagen kann
- Eine Sanduhr, die nicht umgedreht zu werden braucht
- Der Mikrowellenherd
- Der lange Weg von Fleming zum Penicillin-Gebrauch
- Elektromagnetismus
- Radioaktivität
- Astrophysik und Elementarteilchenphysik
- Chemische Elemente
- Die Dampfmaschine
- Feuerwerk
- Die Blasenkammer
- Muschel- und Schneckenmuster
- Zellulosenitrat
- Der Ig-Nobelpreis

Literaturverzeichnis
Bildautoren
Index

Außerdem von Mario Markus im Pfeil-Verlag erschienen:



Bestellmöglichkeiten sowie ausführliche Informationen zu diesem Buch, wie auch zu unseren anderen Büchern, Reihen und Zeitschriften finden sie unter
www.pfeil-verlag.de