

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1961

MÜNCHEN 1962

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Die Rolle des Zufalls bei wissenschaftlichen Entdeckungen*

Von Klaus Clusius in Zürich

Vorgelegt von Herrn Walther Gerlach am 13. Januar 1961

I

Die alten Griechen hatten ein und dasselbe Wort für Zufall und Schicksal, $\tau\acute{\upsilon}\chi\eta$, das zugleich die glücklichen und schlimmen Wechselfälle der Lebens überhaupt bedeutete. Ein philosophisches Wörterbuch bezeichnet als Zufall „das Eintreffen unbeabsichtigter, unvorhergesehener Ereignisse, besonders auch ihr unvorhergesehenes Zusammentreffen mit anderen Ereignissen“.

Nimmt es da wunder, wenn man des Zufalls Walten auch in den Bereichen menschlicher Tätigkeit zu finden meint, von denen man doch glaubt, daß sie zum Sichersten gehören, das wir Menschen haben: in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, die von den unwandelbaren, ewigen Gesetzen der Natur selbst täglich neue Beweise gibt? Die Geschichte der Medizin, der Biologie, der Physik und der Chemie bietet eine Fülle von Beispielen für einen Fortschritt auf diesen Gebieten, der allein auf einem Zufall zu beruhen scheint.

II

Wir alle sind Zeugen unerwarteter, zufälliger Entdeckungen gewesen, die unser Leben auf den Gebieten der Kunst und Wissenschaft bereichert haben. Paganinis viertes Konzert, das er erstmalig 1831 in Paris spielte, war verschollen. Es bestand natürlich keine Hoffnung, es zu rekonstruieren, bis die Partitur 1936 durch Zufall bei einem Lumpenhändler in Parma auftauchte, der einen Haufen Altpapier von Paganinis Nachkommen gekauft hatte.

* Öffentlicher Vortrag mit Lichtbildern, gehalten am 14. November 1960 in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München.

Die Noten waren jedoch unvollständig, das wichtigste fehlte, der Geigenpart selbst, den Paganini ängstlich wie einen Schatz gehütet und auf seinen ruhelosen Reisen durch die Städte Europas mit sich geführt hatte. Aber das Interesse des italienischen Kunstsammlers Natale Gallini war geweckt und auf die Zufallsentdeckung der Partitur folgte eine systematische Suche, die tatsächlich von Erfolg gekrönt war. In der Notensammlung des Kontrabassisten Giovanni Bottesini fand sich der vermißte Violinensatz, sodaß uns das Konzert heute so entzücken kann wie die Pariser vor 130 Jahren. Der Musikfreund mag noch viele Wünsche dieser Art haben und hofft bei manchem großen Namen, daß das Wunder sich wiederholen wird. Nur ein glücklicher, immer unwahrscheinlicher werdender Zufall könnte uns Schuberts Gasteiner Sinfonie wiedergeben, die vielleicht auf irgendeinem verstaubten Dachboden doch noch der Entdeckung harrt.

Kurz vor dem zweiten Weltkrieg setzte ein unerhoffter Fund die Zoologen und Paläontologen in Erregung. In dem Schleppnetz eines Dampfers, der vor dem kleinen Städtchen East London an der südafrikanischen Küste in einer Tiefe von 100 m gefischt hatte, fand sich ein stahlblauer, 1,5 m langer, seltsamer Fisch, wie ihn der Kapitän noch nie gesehen hatte. Am auffallendsten waren neben dem breiten Schwanz die gestielten Flossen. Der Fang kam glücklicherweise zur Kenntnis des kleinen Museums von East London, und die dortige Kustodin, Miß Latimer, benachrichtigte den südafrikanischen Fischspezialisten Smith, der die Beute als einen Coelacanthiden erkannte. Von diesem Seitenzweig der Crossopterygier glaubte man, daß er am Ende der Kreidezeit, also vor 70 Millionen Jahren, ausgestorben sei. „Es war, als ob ein lebender Dinosaurier plötzlich erschienen wäre“, rief der englische Fachmann J. R. Norman aus. Hier hat uns die Laune der Natur ein lebendes Fossil, eine für ausgestorben gehaltene Tierklasse bewahrt, ähnlich wie die Hatteria auf den Klippen von Neuseeland ein lebendes Relikt der ausgestorbenen Brückenechsen ist. Zufallsfunde sind ja auch die Kadaver der Mammute im Permafrost von Sibirien.

Blieb hier das Interesse auf den kleinen Kreis bestimmter Spezialisten beschränkt, so war es mit der im Jahre 1947 erfolgten Entdeckung religiöser Schriften am Toten Meer anders. Ein

Hirtenjunge des arabischen Ta'amireh-Stammes, der in dem Gebiet zwischen Bethlehem und dem Toten Meer nomadisch umherschweift, hatte eine Ziege verloren. Sein Auge suchte die Felsen ab, als sein Blick durch ein merkwürdiges Loch in einer Klippe gefesselt wurde, nicht viel größer als ein Männerkopf. Er warf einen Stein hinein und hörte das Geräusch zerbrechender Gefäße und fallender Scherben. Bei näherer Untersuchung der Höhle fand er tönernen Behälter, gefüllt mit den Resten alter Manuskripte. Die anschließende Durchsuchung der ganzen Gegend in abenteuerlichen und gefährlichen Expeditionen – denn es war Kriegszustand zwischen den Israelis und Arabern – förderte unter anderem die ältesten biblischen Dokumente zutage, die wir besitzen. Es ist verständlich, daß diesmal nicht nur Theologen und Archäologen, sondern die breite Öffentlichkeit an den reichen Funden den regsten Anteil nahmen.

Den Astronomen ist das himmlische Laboratorium der Sternwelt nur optisch zugänglich, es entzieht sich ihren Eingriffen durchaus. Auf das Aufflammen einer Nova oder Supernova müssen sie wie auf einen glücklichen Zufall warten. Die Archäologie ist in ähnlicher Lage und bleibt meist auf das Eintreten von Zufällen an Wendepunkten ihrer Wissenschaft angewiesen. So war ein entscheidender Schlüssel zur Entzifferung der altägyptischen Schreibweise mit der Entdeckung des berühmten Steines von Rosetta durch Boussard gegeben, der 1799 an einem Haus eingemauert aufgefunden wurde. Es handelt sich um ein Dekret zu Ehren von Ptolemäus V. Epiphanes, das ihm die ägyptische Priesterschaft von Memphis gewidmet hat. Der Stein, auf dem der Text dreisprachig in Hieroglyphen, demotischen Charakteren und griechischen Buchstaben abgefaßt ist, zählt heute zu den größten Sehenswürdigkeiten des Britischen Museums. Manche Philologen werden neidvoll seufzen und hoffen, daß ihnen ein ähnlicher Zufall alte etruskische und kretische Inschriften einmal widerspruchsfrei lesbar machen wird.

Der Krieg, der grimmige Zerstörer kultureller Werte, vermag in launischer Umkehr seiner Wirkungen gelegentlich zu ihrer Erhaltung beizutragen. Das wohl bekannteste Beispiel ist die zufällige Entdeckung des herrlichen Dionysos-Mosaiks anlässlich eines Bunkerbaus auf der Südseite des Kölner Hauptbahnhofs

während des zweiten Weltkriegs. Es ist die schönste derartige Arbeit der römischen Kolonisten, die nördlich der Alpen gefunden wurde.

Die Technik unserer Tage hat auf die Altertumsforschung noch auf andere Weise einen gewissen Einfluß gewonnen. Lage und Begrenzung prähistorischer Siedlungen sind zufällig vom Flugzeug aus zu bestimmten Jahreszeiten an der verschiedenen Färbung des Untergrunds erkannt worden, sei es, daß die Abfälle von Nahrungsmitteln einen noch heute wirksamen Unterschied des Kalk- und Phosphatgehalts im Boden bedingten, der das Pflanzenwachstum begünstigte, sei es, daß Mauerreste das Gegenteil bewirkten und teilweise eine Sterilität der Grünflächen hervorriefen.

III

„Alle Erfindungen gehören dem Zufall an“, sagt Georg Christoph Lichtenberg, der Göttinger Physiker und Philosoph, „die eine näher die andere weiter vom Ende, sonst könnten sich vernünftige Leute hinsetzen und Entdeckungen machen, so wie man Briefe schreibt“. Wenn ein ernsthafter und tiefer Denker solche vermeintlich oberflächlichen Ansichten äußert, muß man dann erstaunt sein, wenn das Volk eher einem zufälligen Glücksumstand als dem Wissen und Können eines einzelnen eine Entdeckung oder Erfindung zuschreibt?

Wie sich Verdienst und Glück verketten,
Das fällt den Toren niemals ein;
Wenn sie den Stein der Weisen hätten,
Der Weise mangelte dem Stein.

Soweit es von Entdeckungsgeschichten überhaupt etwas weiß, hat es sich geradezu Zufallslegenden erdichtet. Die anonyme Menge fühlt sich durch solche Märlein angezogen und in ihrer Unwissenheit entschuldigt, glaubt wohl auch insgeheim, daß jeder Erzähler oder Hörer einer solchen Geschichte ohne große Kenntnis zu großen Dingen berufen sein könnte. Diese

Vorstellung schmeichelt der Eigenliebe und scheint den einzelnen der Notwendigkeit ernsthafter Mühe und Anstrengung zu entheben. Der Preis für eine kapitale Entdeckung ist vermeintlich noch niedriger als der beim Spiel ums große Los, denn einen Einsatz braucht man anscheinend überhaupt nicht zu entrichten – der Zufall besorgt alles!

So soll Archimedes im Bade das Prinzip des hydrostatischen Auftriebes entdeckt haben, das ihn instand setzte, die erste zerstörungsfreie Werkstoffprüfung an dem Kranz des Fürsten Hieron durchzuführen, den er den unsterblichen Göttern weihen wollte. Eine besondere Würze erhält die Geschichte noch durch die Zugabe, daß Archimedes, von dem entscheidenden Geistesblitz getroffen, nackt wie er war, aus dem Wasser gesprungen und „heureka, heureka“ rufend durch die Straßen der belebten Stadt nach Haus geeilt sein soll, um die Folgen seiner Entdeckung zu prüfen. Er gibt also zugleich das erste Beispiel eines zerstreuten Gelehrten, der sich ja in Wirklichkeit mit seinen Gedanken außerordentlich konzentriert, wenn auch nicht auf die tägliche Umwelt, wie es das gewöhnliche bürgerliche Leben verlangt. Aber diese schöne Geschichte stammt nicht von Archimedes selber und auch von keinem seiner Zeitgenossen. Sie wird erst 200 Jahre später von dem römischen Architekten Vitruv mitgeteilt, der sie nicht ohne leisen Vorbehalt berichtet. Nach Vitruv hat Archimedes lediglich gefunden, daß gleich schwere Körper von Gold und Silber verschiedene Quantitäten Wasser verdrängen, eine Erkenntnis, die zur Lösung der gestellten Aufgabe vollauf genügte. Es wird aber nichts von einem hydrostatischen Prinzip gesagt, das in seiner Abstraktheit tatsächlich erst viel später formuliert wurde.

Galilei soll durch die Betrachtung eines schwingenden Kronleuchters im Dom von Pisa zum Pendelgesetz geführt worden sein.

Von Newton wird berichtet, er sei beim Anblick eines fallenden Apfels zufällig auf das allgemeine Gravitationsgesetz gekommen. Die Wahrheit dieser Anekdote wird durch William Stukeley verbürgt, der von einem Besuch in Woolsthorpe erzählt. Nach dem Essen trank er mit Newton den Tee unter den Apfelbäumen im Garten. Da meinte Newton, „that he was just in the same situation, as when formerly the notion of gravitation came

into his mind. It was occasion'd by the fall of an apple, as he sat in a contemplative mood“.

Der kleine James Watt soll sich beim Anblick des kochenden Teekessels seiner Mutter die Grundlage seiner Kenntnisse zur Konstruktion der Dampfmaschine geholt haben, eine in England verbreitete Legende. Erwiesen ist dagegen, daß die Einspritzkondensation bei der atmosphärischen Dampfmaschine von Newcomen durch einen Zufall gefunden wurde. Der Kolben einer dieser Maschinen war bei dem damaligen mangelhaften Stand der Technik unvollkommen in den Zylinder eingepaßt und zur Verbesserung der Abdichtung mit Wasser bedeckt. Das Dichtungswasser spritzte beim Niedergang des Kolbens teilweise in den Zylinder und beschleunigte die Kondensation des Dampfes so sehr, daß die Maschine drei bis viermal schneller lief als bei dichtem Kolben.

Die Erfindung des Fernrohrs um 1600 verliert sich vollkommen im Legendären; so berichtet eine Geschichte, daß ein Unbekannter in Middelburg einen Brillenladen betreten, einige geschliffene Gläser in die Hand genommen und den Besitzer habe hindurchsehen lassen, worauf dieser zu seinem größten Erstaunen den Hahn des Kirchturms, zwar verkehrt, aber stark vergrößert erblickt hätte.

Die Bereitung des Porzellans auf der Burg zu Meißen wird dem Alchemisten Böttger als eine Zufallserfindung gutgeschrieben. Bei genauerer Prüfung bemerkt man jedoch, daß als eigentlicher Erfinder auf Grund ausgedehnter Versuche der Graf von Tschirnhausen anzusehen ist, wobei Böttgers Rolle in die erheblich bescheidenere eines Laboranten zurücksinkt. Tschirnhausen, der sich mit der Porzellandarstellung schon befaßte, als Böttger kaum zehn Jahre alt war, starb 1708, ein Jahr nach den geglückten Versuchen, und Böttger maßte sich die Ehre der Entdeckung allein an.

IV

Ein Zufall kann nur dann Entdeckungen anregen, wenn er im Beobachter einen geeigneten Nährboden findet. Daher ist es nicht erstaunlich, daß es viele unwirksame Zufälle gibt, von

denen man meistens gar nichts erfährt. Für den Laien mag mancher Zufall, der einen fruchtbaren Keim enthält, ganz unbemerkt vorbeigehen, und für den Gelehrten gehört eine gewisse Selbstüberwindung dazu, einen Mißerfolg in einer bestimmten Situation später einzugestehen. Mancher wird schweigen, um beim Bekanntwerden seines Versagens nicht hören zu müssen: „Si tacuisses philosophus mansisses“. Dabei wären solche Berichte für unsere Kenntnis der Psychologie des Forschens von erheblicher Bedeutung. An sich haftet zunächst jedem Zufall bei naturwissenschaftlichen Arbeiten etwas Störendes an. Störend ist er besonders, wenn die Beobachtung nicht in die Richtung unserer Erwartung fällt und die Durchführung unseres Arbeitsprogramms gefährdet. Es gehört eine große Summe von Erfahrung, Kenntnissen und Kritik dazu, einer zunächst nebensächlichen Feststellung gegenüber die richtige Haltung einzunehmen. Schließlich ist es unmöglich, jeder auftretenden Besonderheit oder winzigen Unstimmigkeit bis ins letzte nachzugehen. Meistens lassen sich solche Beobachtungen auf bekannte Ursachen zurückführen, oder wir glauben wenigstens, daß dies möglich ist.

Als Antoine Jérôme Balard 1826 das Brom entdeckte und seine Eigenschaften beschrieb, konnte Justus Liebig aus einem seiner Chemikalienschränke eine ganze Flasche mit dem neuen Element hervorziehen. Er hatte es bei der Oxydation saliner Mutterlaugen zufällig gefunden und also vor Balard in den Händen gehabt, übrigens ebenso wie der Studiosus der Chemie Carl Löwig, aber irrtümlich für eine Verbindung von Jod und Chlor gehalten und ohne nähere Untersuchung auf die Seite gestellt.

Der Amerikaner Goodspeed erhielt bereits im Jahre 1890, fünf Jahre vor Röntgens großer, oft besprochener Zufallsentdeckung, eine photographische Aufnahme mit Röntgenstrahlen, ging aber dieser Beobachtung, die ihm unerklärlich war, nicht nach und kam so um eine fundamentale Entdeckung.

Johann Georg Sulzer schrieb 1762 eine „Theorie der angenehmen und unangenehmen Geschmacksempfindungen“, wobei er darauf hinwies, daß zwei verschiedene sich berührende Metalle einen unangenehmen Geschmack im Mund hervorrufen, den sie einzeln nicht erzeugen. Dabei war schon die unangenehme Empfindung bekannt, die bei der Berührung eines plombierten

Zahns mit einem silbernen Löffel auftritt. Auch schmeckt Wein aus einem silbernen, innen vergoldeten Becher weniger gut als aus einem zinnernen. Aber diese zufälligen Beobachtungen haben weder Sulzer noch anderen den Schlüssel zum großen Gebiet der Elektrochemie in die Hand gedrückt. Dies geschah erst durch die 20 Jahre später begonnenen Froschversuche Galvanis, die dann Volta in so erfolgreicher Weise fortsetzte. Weniger bekannt ist es, daß Galvani bereits die Wirkung der erst nach 100 Jahren entdeckten elektromagnetischen Wellen beobachtete, als seine Froschpräparate beim Überspringen von Funken der Elektrisiermaschine oder bei Blitzentladungen ferner Gewitter in Zuckungen verfielen. Aber diese Seite der Galvanischen Zufallsentdeckung blieb zunächst ganz unverstanden und wurde wieder vergessen, die Zeit war dafür noch nicht reif.

Der Salpetersieder Courtois fand das wichtige Element Jod 1811 zufällig, als er die Mutterlauge von Tangasche mit Schwefelsäure versetzte. Schöne violette (ιοειδής) Dämpfe stiegen auf, die sich zu Kristallen mit metallischem Lüster verdichteten, aber weder Courtois noch die Pariser Gelehrten konnten aus dieser Zufallsbeobachtung zunächst viel machen, bis der geniale Engländer Davy das Jod als ein Schwisterelement des Chlors erkannte.

Ein Gasausbruch in einem mitteldeutschen Bergwerk aus einer Gesteinsspalte sollte von den Bergknappen verdammt werden. Wie groß war aber ihr Erstaunen, als ihnen ein Brett, mit dem sie die Abdichtung versuchten, bei der Annäherung an den Spalt förmlich aus den Händen gerissen und dem Gasstrom entgegen an den Spalt gepreßt wurde. Die Ursache für dieses wichtige Phänomen ist in dem hydrodynamischen Paradoxon gegeben, welches Daniel Bernoulli erst später aufgeklärt und eingehend begründet hat.

Eines der interessantesten Beispiele für einen ungenutzten Zufall erzählte mir einmal der berühmte Physiker Hans Geiger, der durch die Konstruktion des nach ihm benannten Zählrohrs weltbekannt wurde, weil dieses vielseitige Instrument aus der modernen Atomforschung überhaupt nicht mehr wegzudenken ist. Geiger benutzte mehrere Zählrohrapparaturen in seinem Institut, die in verschiedenen Räumen aufgestellt waren, deren

Türen auf denselben Gang führten. Das Ansprechen eines Zählrohrs auf radioaktive Strahlung wird elektrisch auf ein mechanisches Zählwerk übertragen, wobei jede Registrierung mit einem deutlich hörbaren Klick verbunden ist. Wenn die Türen der Laboratorien offen waren, konnten Mitarbeiter, die außen vorbeigingen, das Arbeiten der Zähler hören. Einer von ihnen bemerkte nun, daß manchmal alle im Betrieb befindlichen Apparaturen gleichzeitig ansprachen. Er sagte seinem Chef aber nichts von dieser Feststellung. Dadurch entging dem Geigerschen Institut die Entdeckung der sogenannten großen Luftschauer, die durch die Höhenstrahlung ausgelöst werden. Es kann sich nämlich ereignen, daß ein Höhenstrahlteilchen in der Atmosphäre eine ganze Kaskade von Sekundär- und Tertiärteilchen und so fort auslöst, die bis zum Eintreffen auf der Erdoberfläche einen Umkreis von 100 bis 200 m Durchmesser mit ihren Streuprodukten bedecken und räumlich weit auseinanderliegende Apparaturen gleichzeitig zum Ansprechen bringen.

Mehr Glück hatte die um Enrico Fermi in Rom gescharte Arbeitsgruppe. Bruno Pontecorvo, der später hinter dem eisernen Vorhang verschwand, und Edoardo Amaldi aktivierten 1934 hohle Zylinder aus verschiedenen Metallen durch eine eingesenkte Neutronenquelle innerhalb eines Bleikästchens. Der Silberzylinder verhielt sich dabei recht auffällig. Er zeigte eine wechselnde Radioaktivität je nachdem, ob er in der Mitte oder einer Ecke des Kästchens gestanden hatte. Die Mitarbeiter erzählten ihre Schwierigkeit Fermi, der auf Grund der Zufallsbeobachtung sofort eine Reihe systematischer Versuche durchführen ließ. So wurde bald die ungeheuer aktivitätssteigernde Wirkung von Holz, Paraffin und Wasser in der Umgebung der Neutronenquelle aufgedeckt, also von Materialien, die leichte Elemente, insbesondere Wasserstoff, enthalten. Die enorme Wirksamkeit der verlangsamten, thermischen Neutronen für die Herstellung künstlich radioaktiver Elemente war damit aufgefunden, wie Fermi überzeugend begründete. Vom 22. Oktober 1934 an verlor die in allen Vorträgen und Lehrbüchern bis dahin vertretene Ansicht, daß die Radioaktivität sich durch keine Maßnahmen von Menschenhand beeinflussen läßt, ihre Gültigkeit. Damit war die Bahn beschritten, die – allerdings auf Umwegen – Otto Hahn zur Ent-

deckung der Kernspaltung führen sollte mit all ihren heute noch unabsehbaren Folgen in ökonomischer, sozialer und politischer Hinsicht.

V

An dieser Stelle halten wir einen Augenblick inne und bemühen uns, eine Theorie des für naturwissenschaftliche Entdeckungen fruchtbaren Zufalls zu skizzieren. Dieser Versuch muß seine Unvollkommenheiten haben; er sei trotzdem unternommen. Nach dem Gesagten sehen wir folgendes ein:

1. Der eigentliche Zufall muß eintreten in Form einer beobachtbaren Feststellung.
2. Er muß vom Beobachter als ungewöhnliches Ereignis empfunden werden, das bei ihm Erstaunen und Nachdenken erregt. Das „θαυμάζειν“, das „sich wundern“, das „neugierig sein“ der alten Griechen, steht auch heute noch an der Schwelle der eigentlichen Forschung.
3. Als entscheidender Schritt folgt dann der Übergang von der bloß passiven Rolle des Beobachters zur aktiven Tätigkeit des Forschers. In dieser Phase beginnt man mit hergebrachten, bewährten Methoden die Beobachtung zu untersuchen. Ob ein Forscher dabei Erfolg hat, ist wesentlich eine Frage seiner Vorbildung und Geschicklichkeit. Je umfassender seine Kenntnisse auch auf den Nachbar- und Randgebieten seiner speziellen Wissenschaft sind, um so besser sind seine Aussichten auf Erfolg. Dabei gibt es eine Hilfe, die ihm niemand geben kann, die angeboren sein muß – seinen Charakter. Der endliche Erfolg ist in vielen Fällen tatsächlich eine Charakterfrage.
4. Es bleibt zu prüfen die Reproduzierbarkeit des Ereignisses und die Möglichkeit seiner Zurückführung auf bekannte Verhältnisse; ist der Beweis erbracht, daß dies nicht möglich ist, so steht der Forscher unmittelbar vor der Entdeckung neuer Tatsachen.
5. Der letzte Schritt besteht in der Bildung einer Arbeitshypothese, deren Brauchbarkeit durch systematische Versuche geprüft werden muß. In dieser Phase zeigt sich die Fähigkeit des Genies, richtig zu raten und dadurch eine fruchtbare Arbeits-

hypothese zu gewinnen. Manchmal wird die Hypothese verfrüht aufgestellt, ehe genügend Tatsachen vorliegen. Eine solche ad hoc-Vorstellung erklärt oft die wenigen bis dahin angestellten Beobachtungen zu gut und schneidet damit die weitere Entwicklung frühzeitig ab.

Alle diese Phasen können von einer Person durchlaufen werden, sie können sich aber auch auf verschiedene Forscher verteilen.

Letztes Ziel der Forschung ist die Beherrschung der Zukunft durch die genaue Voraussage der Bedingungen, unter denen bestimmte naturwissenschaftliche Ereignisse eintreten werden. Die ganze Entwicklung drängt somit auf die Ausschaltung und Beseitigung des Zufalls als einer Quelle der Unbeständigkeit und Unsicherheit.

Die moderne Wissenschaft maßt sich damit die Gabe der Prophetie an – das ist der genaue Gegenpol des Zufalls. Die Voraussage des Positrons durch Dirac, des Mesons durch Yukawa, der Verletzung der Paritätsgesetze durch Chen Ning Yang und Tsung Dao Lee, der Existenz der Antimaterie sind Beispiele der geistigen Durchdringungskraft moderner physikalischer Vorstellungen. Es liegt im Wesen der Naturwissenschaft, daß sie fortschreitend den Schleier von dem Unbekannten immer weiter lüftet – auch ohne Zufälle. Wer die Entdeckung des Siriusbegleiters durch C. W. Clark bei der Erprobung eines neuen Fernrohrs, das den um 10 Größenklassen, also 10000 mal schwächeren Nachbarn des Sternes großer Leuchtkraft zum erstenmal sichtbar machte, einen Zufall nennt, hat recht und unrecht zugleich. Für den geschickten Konstrukteur und glücklichen Beobachter war es ein erhebender Zufall, für die Astronomen vom Fach aber eher die Bestätigung einer Erwartung. Denn der geniale Bessel hatte schon Jahrzehnte vor der Entdeckung der Doppelsternnatur des Sirius behauptet, daß der mit bloßem Auge sichtbare Stern sich um einen unsichtbaren Begleiter in einer Ellipse mit 2,52“ Halbmesser bewegt. Im Zuge der Entwicklung der Fernrohre mußte diese aus Parallaxenmessungen feinsten Art abgeleitete Voraussage Bessels eine direkte objektive Bestätigung früher oder später mit großer Wahrscheinlichkeit finden.

VI

Einen wesentlichen Punkt der vorstehenden Bemerkungen beleuchtet Lichtenberg mit der nachdenklichen Äußerung: „Wenn ich doch Kanäle in meinem Kopfe ziehen könnte, um den inländischen Handel zwischen meinem Gedankenvorrat zu befördern! Aber da liegen sie zu Hunderten ohne einander zu nützen.“ Nun, es dünkt uns, daß ein günstiger Zufall den ersten Spatenstich zu der ersehnten Verbindung zwischen brach liegenden Gedanken bedeuten kann. Dieses Reservoir an Gedanken und Kenntnissen ist überaus wichtig. Bisweilen kann sich eine Entdeckung anbieten, ja offen zutage liegen, und der Zufall besteht vor allem darin, daß der rechte Mann mit den rechten Kenntnissen und Fähigkeiten die Erscheinung bemerkt oder auf sie aufmerksam gemacht wird. Louis Pasteur sagt daher mit berechtigter Überzeugung: „Le hasard ne favorise que les esprits bien préparés“. Diese in ihrer Kürze lapidare Feststellung vermag noch eine weitere Bemerkung von Lichtenberg zu vertiefen: „Es ist sonderbar, daß nur außerordentliche Menschen die Entdeckungen machen, die hernach so leicht und simpel scheinen; dieses setzt voraus, daß die simpelsten, aber wahren Verhältnisse der Dinge zu bemerken sehr tiefe Kenntnisse nötig sind.“ Wenn also von den Naturwissenschaften immer wieder behauptet wird, daß ihre Ergebnisse im Gegensatz zu denen der bildenden Kunst und der Geisteswissenschaften unpersönlicher Art sind, so mag dies für die endgültigen, von allen Schlacken gereinigten Formulierungen zutreffen, für den Weg, auf dem sie gewonnen wurden, aber sicher nicht. Darüber sollte man sich von Zeit zu Zeit Rechenschaft geben.

In der Beschreibung seiner Italienischen Reise erwähnt Goethe, daß die Weinbauern bei Roveredo die an der Straße liegenden Stöcke mit Kalk bestreichen, um die Trauben dem Vorübergehenden ungenießbar zu machen. Dasselbe Vorgehen ist in vielen Weinbaugegenden lange üblich gewesen. In der Landschaft Médoc in der Nähe von Bordeaux benutzte man von altersher ein Gemisch von Kalk und Schweinfurtergrün, um die am Weg stehenden Rebstöcke zu bespritzen. Später wurde die billi-

gere Mischung von Kalkschlamm und Kupfervitriol-Lösung, die Bordelaiser Brühe, zum gleichen Zweck verwendet. Im Jahre 1882 vernichtete der Falsche Meltau bei Bordeaux praktisch sämtliche Reben, nur die mit Kupferkalk bespritzten Stöcke standen inmitten der trostlosen Verwüstung frisch und gesund da. Tausende, Zehntausende von Wanderern sahen diese Erscheinung und gingen doch achtlos an ihr vorüber. Nur ein einziger, der Chemiker Millardet, vermutete einen Zusammenhang zwischen der Resistenz der Pflanzen und der Behandlung mit Kupferkalkbrühe. Er machte diese Beobachtung zum Ausgangspunkt einer Untersuchung, in der die pilztötende Wirkung der Kupferionen exakt nachgewiesen wurde. Seitdem hat die Forschung nicht aufgehört, für die Weinbauern das günstigste Spritzmittel ausfindig zu machen, in dem Kupfer gegen die Schädlinge der Rebkulturen wirksam ist.

Jeder Schuljunge hat einmal gesehen, daß ein Tintenkleck auf Löschpapier konzentrische verschiedenfarbige Ringe macht, die von einer Trennung der in der Tinte enthaltenen Farbstoffe herrühren. Christian Schönbein untersuchte dieses Phänomen vor 100 Jahren näher, Goppelsröder gründete schon eine chemische Analytik auf die Erscheinung und der Botaniker Tswett benützte sie bereits zur Charakterisierung von Pflanzenfarbstoffen. Aber erst die Chemiker Martin und Synge bauten die in dieser „Chromatographie“ verborgenen Möglichkeiten 1941 zu einem mächtigen Hilfsmittel für die organische und biochemische Forschung aus, während unzählige ähnliche Zufallsbeobachtungen ohne weitere Folgen vorausgegangen waren.

Minkowski und v. Mehring fanden den Zusammenhang zwischen Zuckerkrankheit und Bauchspeicheldrüse, als sie beobachteten, daß ein dieses Organes beraubter Hund besonders arg von Fliegen geplagt wurde, die sich an dem im Harn befindlichen Zucker gütlich taten. In Abweichung von dieser oft gehörten Darstellung beschreibt Minkowski selbst den Vorgang anders. Es fiel ihm auf, daß der operierte Hund große Mengen Harn von sich gab, wie es bei bestimmten Formen von Diabetes beim Menschen vorkommt. Einer momentanen Eingebung folgend sammelte er etwas Urin vom Fußboden auf und fand einen hohen Gehalt von Zucker.

Laënnec, der Erfinder des Hörrohrs und Verfasser des ersten Lehrbuchs der Auskultation, kam auf die entscheidende Idee, als er spielende Kinder im Garten des Louvre bemerkte: Ein Knabe beklopfte das Ende eines Holzstabes, an dessen anderem Ende sein Kamerad die Zeichen abhorchte. Laënnec rollte im Hospital ein Heft zusammen und setzte das eine Ende auf die Brust seiner korpulenten Patientin, während er an das andere sein Ohr legte. Zu seiner Freude hörte er den Herzschlag, der sonst fast unhörbar blieb, auf das deutlichste.

Zur Isolierung von Reinkulturen verhalf Robert Koch die Beobachtung, daß Bakterien und Schimmel auf der Schnittfläche einer Kartoffel an bestimmten Stellen fixiert blieben, während sich in den bis dahin üblichen flüssigen Nährböden immer Mischkulturen ergeben hatten. Von dieser Stunde datiert der Gebrauch des festen oder gallertigen Nährbodens in der Bakteriologie.

Brunton erklärte, daß seine Entdeckung der Wirkung der Ester der salpetrigen Säure auf die Erweiterung der Kapillargefäße der Arterien ganz zufällig erfolgte. Nitroglyzerin und Glykollnitrit verhelfen noch heute den an Angina pectoris Leidenden zu einer wunderbar raschen Erleichterung von den Vernichtungsgefühlen dieses grausamen Übels.

In unseren Tagen hat die zufällige Auffindung der Antibiotika, voran die des Penicillins, große Beachtung gefunden. Auch hier fehlte es nicht an Vorläufern, wie sich, allerdings erst nach dem durchschlagenden Erfolg des neuen Pharmakons, herausstellte. Die Arbeiten eines Tyndall und Pasteur waren in anfänglichen Beobachtungen stecken geblieben. Allerdings gehörten gerade zur Auffindung des Penicillins nicht nur eine treffliche Beobachtungsgabe und eine ungewöhnliche Beharrlichkeit in der Verfolgung des für erreichbar gehaltenen Zieles, sondern auch die Methoden einer subtilen experimentellen Technik. Bei genauerer Überlegung war sogar eine Kette günstiger Zufälle notwendig, um den Enderfolg zu sichern. Der Arzt Arthur Fleming beobachtete, daß Schimmelpilze, die versehentlich in eine Petrischale mit einer Staphylokokkenkultur geraten waren, einen Stoff absonderten, der diese gefürchteten Eitererreger auflöste. Nach der ersten Mitteilung Flemings waren es Raistrick und dann besonders Florey mit seiner berühmten „Oxfordgruppe“, die den Wirk-

stoff aus den Pilzkulturen isolierten. Das erste Natriumpenicillat war bereits ungeheuer wirksam und enthielt doch noch 99% Fremdschubstanz, wie man später erkannte. Welcher Zufall, daß diese Verunreinigungen ungiftig waren und die Eigenschaften des Penicillins nicht verdeckten! Ein weiterer Zufall war es, daß die Verbindung an Mäusen und nicht an Meerschweinchen erprobt wurde – für diese wäre Penicillin giftig gewesen. Die endliche Entwicklung wurde schließlich durch den „Zufall“, daß gerade der zweite Weltkrieg tobte, ungewöhnlich beschleunigt. Reichte 1940 die isolierte Substanz noch nicht zur Behandlung eines einzigen Menschen, so wurden bereits 2½ Jahre später die Millionenheere der anglo-amerikanischen Verbündeten mit der Droge versorgt. Es war dies der Erfolg einer glänzenden Zusammenarbeit von Biologen, Chemikern und Ingenieuren.

Die Chemie ist reich an Zufallsentdeckungen, von denen wir einige schon genannt haben, andere noch erwähnen wollen. So gehen die Arbeiten über chemische Substitution auf eine Untersuchung des Franzosen Dumas zurück. Der Anlaß war merkwürdig genug. Karl X. gab 1830 einen Hofball im Palais du Luxembourg, das durch Tausende von Kerzen festlich erleuchtet war. Aber das Fest mußte abgebrochen werden, bald erfüllte ein beißender und die Atmungsorgane auf das schwerste reizender Geruch die Räume, dessen Ursache die brennenden Kerzen waren. Mit der Untersuchung der Angelegenheit wurde Dumas betraut, der vom Fabrikanten erfuhr, daß das zur Herstellung der Kerzen verwendete Wachs mit Chlor gebleicht worden war. Dumas zeigte, daß ein Teil des Chlors im Kerzenmaterial verblieben war und beim Verbrennen die ätzenden Salzsäurenebel bildete. Diese Zufallsbeobachtung wurde zum Ausgangspunkt der Dumas'schen Substitutionstheorie und damit zur Darstellung vieler neuer Halogenverbindungen in der Chemie.

Das Palais Luxembourg hatte schon vorher, im Jahre 1808, zu einer anderen Zufallsentdeckung Anlaß gegeben. Ein Physiker, der Genieoffizier Etienne Louis Malus, betrachtete aus seiner Wohnung in der Rue d'enfer durch einen Kalkspatkristall die untergehende Sonne, welche sich in den Fenstern des Gebäudes spiegelte. Zu seinem großen Erstaunen änderte sich dabei die Helligkeit der Bilder, wenn er den Kristall vor dem Auge um die

Sehachse drehte. Er kam auf den Gedanken, daß die Erscheinung mit einer Polarisation des Lichtes durch Reflexion etwas zu tun haben müßte. Inzwischen war die Sonne untergegangen. Er füllte daher eine Schüssel mit Wasser und ließ das Licht einer Kerze an der Wasseroberfläche reflektieren. Die wechselnde Helligkeit ihres Spiegelbildes bei der Betrachtung durch den gedrehten Kalkspatkristall bestätigte seine Vermutung noch an demselben Abend.

Davy und Döbereiner entdeckten die Katalyse zufällig bei der Wirkung von heißem Platin auf verbrennliche organische Substanzen. Döbereiner fand schließlich, daß feiner Platinschwamm auch kaltes Wasserstoffgas an der Luft zu entzünden vermag, und seine Zündmaschine war bis zur Erfindung der Streichhölzer in ganz Europa in Gebrauch.

Viktor Meyer entdeckte das Thiophen, die erste bekannt gewordene heterozyklische Schwefelverbindung, auf Grund eines mißglückten Vorlesungsversuchs, dessen Ursache er konsequent nachging.

Ein zerbrochenes Thermometer ergoß sein Quecksilber in eine Reaktionsmischung und führte den Chemiker Sapper zur Auffindung des modernen Verfahrens zur Naphthalinoxidation.

Bekannt ist auch die Tatsache, daß die Photographie von Daguerre durch einen merkwürdigen Zufall entdeckt worden ist. Daguerre versuchte auf polierten Silberplatten, die er Joddämpfen ausgesetzt hatte, Bilder festzuhalten, was aber durchaus nicht gelingen wollte. Enttäuscht schloß er die Platten in einen Schrank weg; als er sie bei späterer Gelegenheit wieder fand, zeigten sie zu seiner größten Überraschung deutliche Photographien. Er wiederholte den Versuch mit demselben Erfolg. Die Aufbewahrung im Schrank zauberte die vorher unsichtbar gebliebenen Bilder hervor. Nur dieser Schrank hatte die entwickelnde Wirkung. Eine Aufbewahrung an anderer Stelle war erfolglos. Daher vermutete Daguerre, daß sich im Schrank ein besonderer Stoff befinden müßte, der die latent vorhandenen Bilder nachträglich hervorbrachte. Er räumte seinen Inhalt deshalb nach und nach systematisch aus, ohne daß eine Änderung der Wirkung eintrat, bis er zuletzt leer war. Das Rätsel löste sich, als er auf dem Boden einige Tropfen Quecksilber bemerkte, die früher einmal

unversehens verschüttet worden waren. Er belichtete eine neue Platte und legte sie mit der Schichtseite nach unten auf eine mit Quecksilber gefüllte Schale, worauf er zu seiner größten Freude in kürzester Zeit das schönste Bild erhielt. Das systematische Vorgehen nach der ersten zufälligen Beobachtung ist sehr charakteristisch und verrät die Anlage des echten Forschers.

Oerstedt entdeckte die Ablenkung einer Magnetnadel durch den elektrischen Strom, als bei einem Vorlesungsversuch ein Draht zufällig über einen Kompaß geführt wurde. Diese fundamentale Entdeckung gab den ersten Hinweis auf die tiefen Zusammenhänge zwischen Elektrizität und Magnetismus.

In Zürich haben wir vor drei Jahren durch einen Zufall die abnorm großen Isotopeneffekte des Stickoxyds gefunden, durch die künftig die schweren Isotope des Stickstoffs und Sauerstoffs wohlfeiler und in größerer Menge für die physikalische, chemische, medizinische und biologische Forschung zugänglich sein werden als bisher.

Die Entdeckung des Planeten Uranus durch Wilhelm Herschel, dessen Bekanntwerden die mystische Siebenzahl der klassischen Planeten – Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn – durchbrach, war reiner Zufall. Herschel hielt das neue Gestirn vorerst für einen Kometen, erkannte aber bald seinen Irrtum. Durch diese Entdeckung wurde Herschel mit einem Schlage berühmt. Noch im 17. Jahrhundert hatte ein florentinischer Astronom, Francesco Sizzi, im Kampfe gegen Galileis Entdeckung der Jupitermonde geäußert, daß die Zahl der Planeten nicht über sieben hinausgehen könne, weil sonst das ganze ptolemäische System zusammenbrechen würde. Die Entdeckung des kleinen Planeten Ceres durch Piazzi in Palermo ist ebenfalls zufällig erfolgt, während bei den Planetoiden Pallas, Juno, Vesta bereits eine Suche in der Nähe der Ekliptik eingesetzt hatte. Eine echt wissenschaftliche Methode führte aber erst der Heidelberger Astronom Max Wolf ein, indem er den Himmel systematisch mit Hilfe photographischer Aufnahmen durchmusterte. Die Methode ist ebenso genial wie einfach. Das Fernrohr mit der Kamera folgt der Drehung des Himmelsgewölbes, wobei die Fixsterne als Punkte auf der Platte abgebildet werden. In der mehrere Stunden dauernden Expositionszeit ist die Eigenbewegung eines Pla-

netoiden so groß, daß er sich als Strich verrät. Aufnahmen in aufeinanderfolgenden Nächten zeigen die Realität des Effektes, indem sich die Striche aneinanderreihen, während Plattenfehler, mit denen stets zu rechnen ist, irregulär verteilt sind und sogenannte Sternketten ortsfest bleiben. Der Erfolg dieses Verfahrens war die Entdeckung von Hunderten von kleinen Planeten, eben durch Ausschaltung des Zufalls.

VII

Schließlich gibt es blinde Zufälle höchst eigentümlicher Art. Max Bodenstein untersuchte in Viktor Meyers Laboratorium die Bildung und den Zerfall von Jodwasserstoff. Dabei fand er äußerst einfache und durchsichtige Gesetzmäßigkeiten, die vielleicht zu der voreiligen Ansicht hätten verleiten können, daß die Kinetik aller chemischen Reaktionen einem Schema folge, das durch die Reaktionsgleichung nahegelegt wird. Bodenstein selbst war vorübergehend dieser Ansicht, wurde aber sehr bald gewahr, daß die übersichtliche Einfachheit beim Jodwasserstoff nicht die Regel, sondern im Gegenteil eine höchst seltene Ausnahme ist, die daher heute noch als Paradebeispiel in allen physikalisch-chemischen Lehrbüchern Aufnahme findet.

Die Entdeckung der Thermoelektrizität durch Thomas Johann Seebeck im Jahre 1822, die er eigentümlicherweise als „magnetische Polarisierung der Metalle und Erze durch Temperaturdifferenz“ bezeichnete, hatte eine unzutreffende Arbeitshypothese zum Ausgangspunkt. Seebeck dachte, daß schon die Berührung verschiedener Metalle einen elektrischen Strom, „eine magnetische Atmosphäre“, wie er sagte, erzeugen könnte, eine Annahme, die gegen den damals noch unbekannten Ersten Hauptsatz der Thermodynamik verstieß. Daß der Forscher tatsächlich einen Strom erhielt, lag nur daran, daß er zufällig den Kontakt zwischen verschiedenen Metallen durch Zusammenpressen mit den Fingern herstellte. Er erkannte bald, daß die Wärme der Hand die Ursache des Stromes war, der ausblieb, wenn eine mechanische Vorrichtung die Berührung der Metalle ohne Erwärmung vermittelte.

Henri Becquerel machte die Entdeckung der Radioaktivität nur infolge des Zusammentreffens von Irrtum und Zufall. Sein Landsmann, der berühmte Mathematiker Henri Poincaré, hatte die Hypothese aufgestellt, daß die merkwürdigen Röntgenstrahlen mit der Phosphoreszenz einen inneren Zusammenhang haben müßten. Diese falsche Hypothese veranlaßte Becquerel, bei phosphoreszierenden Substanzen nach Wirkungen auf die photographische Platte zu suchen. Der Zufall wollte es, daß er dafür Uranylkaliumsulfat verwendete, das phosphoresziert, aber zugleich wegen seines Urangehalts auch noch radioaktiv ist. So kam eine der folgenschwersten Entdeckungen auf Grund einer unrichtigen Arbeitshypothese zustande.

Flüssige Luft ist mit einfachen Mitteln in größerem Ausmaß erstmalig in München durch Carl v. Linde hergestellt worden. Er benutzte dabei die Abkühlung, welche ein hoch verdichtetes Gas erfährt, wenn es durch ein Ventil entspannt wird. In der Durchführbarkeit dieser Idee, die er thermodynamisch exakt begründete, wurde Linde durch eine zufällige Beobachtung bestärkt, die auf einem französischen Kriegsschiff im Roten Meer angestellt worden war. Die Munitionskammern dieses Schiffes wurden mit einer Kohlensäure-Verdampfungsmaschine gekühlt. Es herrschte eine gewisse Sorge, wie sich die Einrichtung benehmen würde, wenn die Kühlwassertemperatur über 33°C , die kritische Temperatur des Kohlendioxyds, steigen würde. Zur Überraschung der Ingenieure zeigte sich, daß auch bei dieser ungewöhnlichen Beanspruchung noch ein Teil des Kohlendioxyds durch die Entspannung verflüssigt wurde, wenn auch die Kälteleistung im ganzen vermindert war.

Fridtjof Nansens berühmte Drift mit dem Schiffe „Fram“ 1893–1896 durch das Packeis des nördlichen Polarmeeres wird immer als eine der größten Leistungen gelten, die Menschen am Ende des Zeitalters der geographischen Entdeckungen vollbracht haben. Noch heute ist man durch seinen Reisebericht vom ersten bis zum letzten Blatt gefesselt, besonders auch durch die überlegte Planung der Expedition, die dem Zufall keinen Platz einräumte. Alles war bis ins letzte durchdacht. Das Gelingen war freilich nicht nur dem umsichtigen Leiter des kühnen Unternehmens, sondern auch dem einzigartigen Umstand zuzuschrei-

ben, daß die Söhne eines Landes die Forschungsfahrt unternahmen, dessen Natur eine strenge Erzieherin ist. Gewöhnt an Strapazen, an ein rauhes Klima, gewöhnt an das Ertragen großer Einsamkeit und an nichtendenwollende Winternächte waren dies die rechten Männer zur Lösung eines Problems, an dem die Besten anderer Nationen gescheitert waren. Und doch – der Zufall spielte bei der Planung von Nansens Unternehmen eine schwerwiegende Rolle.

Nansen berichtet selbst darüber: „Es war im Herbst 1884, als ich zufällig im norwegischen ‚Morgenbladet‘ einen Artikel von Professor Mohn las, der davon handelte, daß an der Südwestküste Grönlands einige Gegenstände gefunden worden seien, die von der ‚Jeanette‘ stammen müßten. Mohn nahm an, daß sie auf einer Eisscholle quer übers Polarmeer getrieben sein mußten. Es wurde mir sofort klar, daß hier der Weg gegeben sei! Konnte eine Eisscholle quer durch das Unbekannte treiben, so mußte sich diese ‚Drift‘ auch im Dienste der Forschung anwenden lassen – und der Plan war gefaßt.“ Außer dem zufälligen Fund von Gegenständen der bei den Neusibirischen Inseln im Juni 1881 verunglückten ‚Jeanette‘-Expedition wiesen ein Wurfbrett von Alaska-Eskimos, Treibholz sibirischer Bäume, Schlammproben sibirischer, vielleicht auch nordamerikanischer Flüsse auf eine ostwestliche Strömung des Packeises an der nördlichen Begrenzung der alten Welt hin. Von besonderer Bedeutung war dabei die Möglichkeit, daß die durchschnittliche Geschwindigkeit der Drift aus dem bekannten Zeitpunkt des Untergangs der ‚Jeanette‘ und dem Fundtage ihrer Überbleibsel an Grönlands Küste recht genau festgestellt werden konnte. Dieser Zufall war ausschlaggebend für die Größe des zu bauenden Schiffes, der ‚Fram‘, weil man die Mannschaft nicht länger als auf drei Jahre zu verproviantieren brauchte.

Die Gebrüder Montgolfier sind wohl den meisten bekannt als Erfinder des Heißluftballons. Weniger bekannt ist Joseph Montgolfier als Konstrukteur des hydraulischen Widders. In Oberbayern, an der Salzach und am Inn ist dieses nützliche Gerät zur Hebung von Wasser sehr verbreitet. Dort kann man das rhythmische Pochen der Widder in den Uferböschungen auf Flußwanderungen mit dem Faltboot oft genug vernehmen. Hydrau-

lische Widder werden überall verwendet, wo eine große Wassermasse mit kleinem Gefälle eine kleine Wassermenge auf eine größere Höhe heben soll. Montgolfier kam auf die Konstruktion dieser Maschine durch bloßen Zufall. Als er in einer Badeanstalt den Zulaufhahn rasch schloß, ließ ein dröhnender Schlag die ganze Leitung erzittern. Die kinetische Energie der strömenden Wassermenge wurde plötzlich vernichtet, wie wir heute sagen würden. Eines Tages wurde der Hahn sogar herausgetrieben. Montgolfier ließ darauf vor dem Hahn ein Steigrohr anbringen, aus dem beim plötzlichen Schließen des Zulaufs ein Wasserstrahl hoch herausspritzte. Die kinetische Energie des bewegten Wassers wurde in potentielle Energie umgesetzt. Durch Anbringen eines Windkessels und zweier Ventile, von denen eines das automatische Schließen des Hahnes in bestimmten Zeitabständen nachahmt, das andere das gehobene Wasser am Zurückfallen verhindert, realisierte Montgolfier seine Erfindung, die in einer gut genutzten zufälligen Beobachtung ihren Ursprung hat.

VIII

Wohl die bedeutendsten und merkwürdigsten Zufälle ereignen sich gelegentlich bei der wichtigsten Entdeckung, die es für die Wissenschaft gibt – der Entdeckung eines Forschers.

Robert Wilhelm Bunsen hatte bei seinem kurzen, nur einjährigen Gastspiel, das er als Chemieprofessor in Breslau gab, Gustav Kirchhoff kennengelernt. Er veranlaßte die Berufung dieses hervorragenden theoretischen Physikers nach Heidelberg, als Joly von dort nach München ging. Bunsen war mit der Abfassung eines Berichts über die Verwendung des nach ihm benannten Brenners für analytische Reaktionen beschäftigt und erzählte Kirchhoff, wie man durch farbige Gläser die verschiedenen, eine Flammenfärbung liefernden Farben getrennt beobachten kann. Kirchhoff meinte, daß die Zerlegung durch ein Prisma die optische Analyse viel genauer machen müßte. Aus dieser Bemerkung kam die Zusammenarbeit der beiden Forscher zustande mit dem bekannten großartigen Erfolg der Entdeckung der Spektralanalyse, deren 100-jähriges Bestehen wir in diesem Jahre gefeiert haben.

Als der englische Chemiker Davy geadelt worden war und nach der Heirat einer reichen Witwe den Einzug in die englische High Society gehalten hatte, sah er es für unter seiner Würde an, noch weiter Vorlesungen zu halten. Es ist ein außerordentlich merkwürdiger Zufall, daß zu den letzten Vorlesungen, die Davy hielt, ein junger Buchbindergehilfe namens Michael Faraday Eintrittskarten geschenkt erhielt. Faraday war von dem Gesehenen und Gehörten so beeindruckt, daß sein ganzes Sinnen und Trachten nur noch darauf aus war, sich der reinen Forschung zu widmen. Er wurde erst Davys Laboratoriumsgehilfe und später sein Nachfolger in der Royal Institution, wo er durch seine wunderbare Persönlichkeit und den hohen Rang seiner Entdeckungen den Glanz und Ruhm seines Vorgängers überstrahlte.

Alexander von Humboldt hat sich in seinen späteren Jahren dem edelsten Beruf gewidmet, den ein alternder Forscher ergreifen kann: Umschau zu halten nach jungen Talenten, die ihr Leben der Wissenschaft und Forschung widmen wollen. Humboldt hat dabei die uneigennützigste Haltung gezeigt und die glücklichste Hand bei der Auswahl seiner Schützlinge wiederholt bewiesen. Liebig berichtet mit Begeisterung und dankbarer Anhänglichkeit, wie er Humboldt im Gay Lussac-Laboratorium kennengelernt habe und von ihm ausgefragt worden sei. Der Eindruck, den Liebig auf Humboldt machte, war derart, daß er den noch unbekannten einundzwanzigjährigen Chemiker dem Hessischen Ministerium zur Berufung nach Gießen empfahl. Der Erfolg hat dieser ungewöhnlichen Wahl recht gegeben.

Humboldt hat auch Dumas veranlaßt, sich von Genf nach Paris zu begeben, was für dessen weitere Entwicklung und spätere Laufbahn von entscheidender Wichtigkeit war. Humboldts persönlicher Eindruck bei dem zufälligen Zusammentreffen mit dem zweiundzwanzigjährigen Dumas war für diesen überwältigend, wie der Chemiker selbst berichtet hat: „Humboldts Aufenthalt in Genf war nur von kurzer Dauer. Nach seiner Abreise schien mir die Stadt wie ausgestorben. Ich war wie in einem Zauber befangen. In den denkwürdigen Stunden, welche ich in der Gesellschaft des berühmten Naturforschers verlebt hatte, war ich ein anderer Mensch geworden. Meinem Geist hatte sich eine neue Welt erschlossen. Was er mir von dem Leben in Paris erzählt hatte, von

dem glücklichen Zusammenwirken der dortigen Gelehrten, von den Hilfsmitteln, welche die Metropole an der Seine den Jüngern der Wissenschaft zu Verfügung stellt, hatte einen unauslöschlichen Eindruck in mir hinterlassen. Mein Entschluß war bald gefaßt: Auf nach Paris!“

Vergessen wir schließlich nicht, daß Humboldt auch die Berufung des jungen Agassiz nach Neuchâtel bewirkt hat, wo er als einer der ersten Paläontologen seiner Zeit tätig war. Später ging Agassiz nach Amerika, um dieses Land nicht mehr zu verlassen. Der Schweizer wurde dort heimisch und hatte eine wunderbare Gabe, Menschen und Behörden für seine Pläne zu begeistern. Er veranlaßte die reichen Amerikaner, ihr Geld gemeinnützigen wissenschaftlichen Institutionen, Museen, Forschungsanstalten, Universitäten, Hochschulen zuzuwenden, ein Gedanke, der bis dahin den Dollarkönigen gänzlich fremd war. Daher ist er als der eigentliche Urheber des amerikanischen Mäzenatentums zu betrachten. Der ungeheure Einfluß dieser Zufallsförderung, die Agassiz durch v. Humboldt erfuhr, kann für Amerika, ja für die ganze Welt überhaupt nicht überschätzt werden. Wir haben sogar den Eindruck, daß die Unterstützung der Wissenschaft von privater Seite mit eines der entscheidenden Vorbilder gewesen ist, die den nordamerikanischen Staat zu seiner einzigartigen Hilfeleistung veranlaßt hat, die er nach dem zweiten Weltkrieg dem zerstörten Europa zuteil werden ließ und noch läßt.

IX

Zufällig bleibt in der Natur immer das Zusammentreffen derjenigen Genkombination des mütterlichen und väterlichen Erbteils, das die geniale Veranlagung schafft. Diese zu erkennen und sie zur vollen Entfaltung zu bringen, muß eines der vornehmsten Anliegen jeder Zeit sein. Es liegt im Sinne fortschreitender Wissenschaft, auch hier die zerstörenden Möglichkeiten schlimmer Zufälle auszuschalten und die geniale Begabung wenigstens dort nach Kräften zu fördern, wo wir sie finden.