



Über die Voraussetzungen der Erfahrungserkenntnis aus der Sicht des Operationalismus

Wilhelm K. Essler
Johann Wolfgang Goethe Universität,
Frankfurt am Main (Germany)

Abstract

It is shown that—at least in contemporary physics—the single measuring results are completely irrelevant w.r.t. testing a metric law. As a consequence, laws are neither gained by induction nor rejected by falsification. Even statistical generalizations of measuring values, when—in the sense of some philosophers—falsifying laws are not always regarded as falsifying instances by physicists.

Mit dieser Schrift möchte ich meine Sicht des wissenschaftstheoretischen Arbeitens kurz und prägnant darstellen. Ich will also nicht irgendwelche großen und fertigen Teilbereiche aus der Wissenschaftstheorie vorstellen, etwa die Definitionslehre, oder die Theorie der Metrisierung, oder die Theorie der epistemologischen Wahrscheinlichkeit; vielmehr möchte ich hier das operationale wissenschaftstheoretische Vorgehen in der rationalen Rekonstruktion konkreter methodologischer Probleme darstellen. Dieses wissenschaftstheoretische Arbeiten am konkreten Fall verhilft dazu, das methodische Vorgehen in den Erfahrungswissenschaften bei der Ermittlung allgemeiner Zusammenhänge in den Einzelheiten und vor allem auch im Hinblick auf die dabei gemachten Voraussetzungen und deren jeweiliger Berechtigung verstehen zu können.

Diese Rekonstruktion wird zeigen, dass die herkömmliche Unterscheidung der empirischen Sätze in Theorien bzw. Gesetze und in Erfahrungen bzw. Beobachtungen zu grob ist und daher verfeinert werden muss, damit sie zu einem geeigneten intellektuellen Instrument der wissenschaftstheoretischen Erfassung dieses Prozesses

der Ermittlung und Prüfung von Gesetzen anhand von Messungen werden kann. Ich werde sechs Typen oder Klassen von erfahrungswissenschaftlichen Aussagen unterscheiden, die inhaltlich und methodisch oft eng miteinander verwoben sind und die nur in der idealen methodologischen Situation der rationalen Rekonstruktion so einfach und schön voneinander abgrenzbar sind:

- (1) die Wahrnehmungssätze (im speziellen Fall die Messergebnisse),
- (2) die Beobachtungssätze (die gesicherten Wahrnehmungen bzw. Messwerte),
- (3) die Erfahrungssätze (die auf Bezugsklassen verallgemeinerten Beobachtungssätze),
- (4) die metrischen Gesetze (die mathematischen Systematisierungen geeignet zusammenhängender Erfahrungssätze),
- (5) die Theorien (die systematischen Darstellungen metrischer Gesetze wie auch der ihnen zugrunde liegenden Messtheorien), und
- (6) die Rahmenbedingungen (die etwa festlegen, in welcher Geometrie bzw. Chronometrie Theorien und Gesetze zu formulieren sind, ob und welche Homogenitätsforderungen für Raum und Zeit zu gelten haben, welche Erhaltungssätze zu verlangen sind usw.).

Diese Unterscheidung von empirischen Sätzen kann bei Bedarf weiter verfeinert werden. So können insbesondere die Erfahrungssätze, die hier ja bereits als Verallgemeinerungen und somit als nicht-singuläre Sätze verstanden werden, in strikte und statistische Aussagen untergliedert werden; und in konkreten methodologischen Fällen werden noch weitere Feinunterschiede zu berücksichtigen sein.

Auf ein weiteres, hier nicht näher ausgeführtes Resultat dieser Analyse möchte ich ebenfalls verweisen: Auch die herkömmlichen Methoden der enumerativen wie der eliminativen Induktion sowie der Falsifikation sind Verfahren, die bereits in vielen Fällen der klassischen Physik nicht mehr ohne Einschränkung anwendbar sind: Die herkömmliche Induktion führt demnach zu keiner der gegenwärtig akzeptierten Theorien, die mit

den akzeptierten Beobachtungen verträglich sind; und die Methode der Falsifikation verwirft sie alle, da stets akzeptierte Messungen zu Werten führen werden, die weitab von dem liegen, was die Theorie bzw. die Gesetze vorher gesagt haben.

Über die Rahmenbedingungen möchte ich in diesem Aufsatz wenig sagen, sondern eigentlich nur darauf verweisen, dass sie zum Allerheiligsten der erfahrungswissenschaftlichen Theorien gehören; an ihnen zu rütteln heißt, eine erfahrungswissenschaftliche Revolution einleiten zu wollen. Sie entscheiden nicht nur, in welcher Sprache die empirischen Theorien zu formulieren sind, sondern auch, in welcher die den Messungen erkenntnistheoretisch vorgängigen Messtheorien darzustellen ist, die ja in entwickelten Theorien ein Teil von diesen sind. Wenn die Rahmenbedingungen dann unterschiedliche Rahmen bereitstellen, etwa die euklidische Raumstruktur für die Messtheorie und die nichteuklidische für die Gesamtheorie, so muss sie diese Diskrepanz erklären können.

Im Allgemeinen werden dann praktische Gründe der folgenden Art angegeben: Die Messtheorie handelt nur von einem sehr spezifischen Teil des Universums, nämlich von Messapparaten, d. h. von Objekten der Größenordnung, für die approximativ die Euklidizität vorausgesetzt werden könne; und mit euklidischen Sätzen lasse sich eben leichter rechnen als mit nichteuklidischen. Wie immer dem sei: Das Vorhandensein solcher Diskrepanzen und die Notwendigkeit ihrer Erklärung zeigt, dass die jeweils gemachten Voraussetzungen nicht selbstverständlich oder gar a priori beweisbar sein können. Dennoch entscheiden oft sie und nicht irgendwelche Beobachtungen, ob Gesetze oder gar ganze Theorien akzeptiert oder verworfen werden: Empirische Gesetze, die etwa nicht den Erhaltungsgesetzen genügen, werden von den Wissenschaftlern im Normalfall nicht einmal diskutiert, geschweige denn akzeptiert.

In den meisten empirischen Wissenschaften setzen Messtheorien frühere Formen der Theorien, die sich auf Teilbereiche bewährt haben, voraus; in einigen höher entwickelten Disziplinen, in denen die Theorie die empirischen Gesetze und die diesen zugrunde liegenden Messtheorien systema-

tisch vereint, muss zur Anwendung der Messtheorie die bereits vollzogene Anwendung eines anderen Teils der Theorie vorausgesetzt werden. Dass hier kein echter Zirkel vorliegt, darf angenommen werden, desgleichen aber auch, dass die nicht-alexandrische Lösung dieses Knotens viel Geduld und methodologische Feinarbeit erfordert und somit nicht allzu schnell zu bewältigen sein wird. Im alltäglichen Messen allerdings, d. h. im Wahrnehmen, ist nirgendwo eine Zirkularität zu erkennen; denn die betreffenden Messverfahren sind uns hier in der Form des Funktionierens unserer Sinnesorgane angeboren. Sie sind uns, gerade weil sie uns angeboren sind, dann so selbstverständlich, dass wir uns ihrer Voraussetzungshaftigkeit erst dann bewusst werden, wenn wir mit Menschen zusammentreffen, deren Sinnesorgane von den unseren abweichen, die etwa farblind oder zumindest rotgrün-blind sind.

An den Messtheorien einer Disziplin wird selten gerüttelt; denn sie sind ja das Arsenal an Kriterien, anhand derer die Mitglieder der jeweiligen Forschergemeinschaft ihre Theorien überprüfen. Weichen daher *Messapparate*, die im Gegensatz zu den *Sinnesorganen* nicht *natürliche*, sondern *künstliche Realisierungen* von *Messtheorien* sind, von diesen erheblich ab, so widerlegen diese nicht die Messtheorie; vielmehr wird dann umgekehrt gesagt, sie seien wenig geeignete Realisierungen von ihnen. Das Messen der Länge eines Objekts nach Augenmaß ist im Normalfall keine so gute Realisierung der Messtheorie der Längenmessung wie das Messen mit dem Pariser Urmeter oder mit geeigneten Kopien von ihm; und auch diese künstlich geschaffenen Instrumente sind in manchen Situationen des Messens immer noch als wenig gute Realisierungen der Messtheorie anzusehen, insbesondere dann, wenn sie die messtheoretische Bedingung der Symmetrie oder auch der Transitivität der Gleichheitsbestimmung von Messgrößen verletzen.

Eine Änderung der Messtheorie erschüttert eine Disziplin tiefer als die Änderung von empirischen Gesetzen: Eine solche Änderung verändert ja die Prüfungskriterien für einzelne Messungen und damit letztlich auch für empirische Gesetze. Sie wird deshalb von der Forschergemeinschaft nur zögernd vollzogen, und jedenfalls nur dann, wenn die Vor-

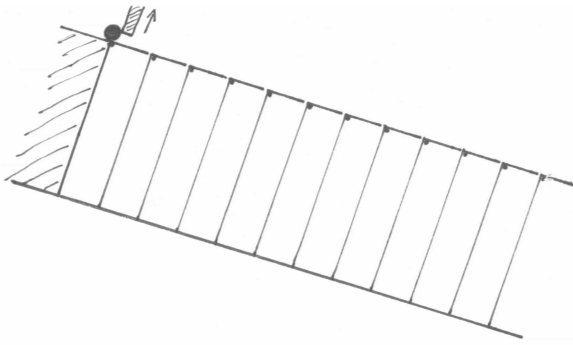


Abb. 1

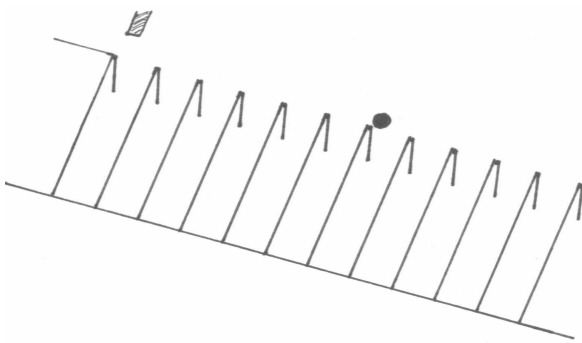


Abb. 2

teile einer dann schon detailliert entwickelten neuen Messtheorie nicht mehr zu übersehen sind.

Messtheorien können gelegentlich auch die Gesetze anderer Disziplinen voraussetzen. Will man etwa Galilei-Experimente durchführen, so kann man die Länge des Weges von rollenden Kugeln mit einer Kamera bestimmen, die nach den Gesetzen der Optik gebaut ist. Mechanisch aufwendiger, wenngleich theoretisch weniger aufwendig ist gemäß Abb. 1 und 2 das folgende Messverfahren:

Die Sperre wird zur Zeit $t_0 = 0$ hochgezogen; und alsbald beginnen die Eisenkugel – oder vielleicht eine in die dritte Dimension reichende Reihe von Eisenkugeln – zu rollen. Nach t Sekunden öffnen sich automatisch alle Platten, die die schiefe Ebene ausmachen:

Die Kugel fällt in eine der Spalten; bzw., falls es sich um eine größere Serie von Kugeln handelt: Jede Kugel aus dieser Reihe fällt in einen (aber nicht notwendigerweise in ein und denselben) Spalt.

Wir sehen an diesem Beispiel, dass ein Messinstrument als ein Makroobjekt des physischen Universums nie ideal sein kann: Nie wird es an-

geben, dass der Messwert eine bestimmte reelle Zahl ist, sondern vielmehr stets registrieren, dass dieser in einem bestimmten, im Prinzip durch ein Paar von rationalen Zahlen zu determinierendem, Intervall liegt; die empirischen Gesetze hingegen liefern in aller Regel durch reelle Zahlen markierte Messwerte. Eine solche reelle Zahl kann nun als eine unendliche Folge von rationalen Zahlen dargestellt werden; versteht man sie als Messzahl, so heißt dies: als eine unendliche Folge von immer genaueren Messungen. Eine solche nicht abbrechende Folge gibt es aber realiter nicht: aus praktischen wie auch aus theoretischen Gründen stoßen wir an endliche Grenzen dieser Verkleinerbarkeit der Messintervalle.

Wenn dennoch die reellen Zahlen und somit die Konzeption der beliebig scharfen Messbarkeit in den die Begriffe der Mathematik benützenden empirischen Gesetzen verwendet werden, so hat diese – empirisch falsche, daher nur als Idealisierung zu verstehende – Voraussetzung meist gute praktische Gründe: Auch hier sagt uns der Wissenschaftler, der dabei gemachte Fehler in seinen Auswirkungen sei bescheiden, viel kleiner als der durch mangelnde Abschirmung des Experiments entstandene Fehler, und die praktischen Vorzüge der Analysis, insbesondere die Einfachheit ihrer Handhabung, würden dieses Manko der Ungenauigkeit mehr als aufwiegen. Und die Erfahrung gibt ihnen in der Regel recht, wohl deshalb, weil sie darauf achten, dass sich solche Fehler im Verlauf der Berechnungen nicht kumulieren und dann lawinenartige Konsequenzen nach sich ziehen.

Das genannte Galilei-Experiment sei an einer einzigen Kugel durchgeführt worden, oder zwar an einer größeren Serie von Kugeln, wobei wir uns aber für den Moment mit einer – willkürlich aus dieser Serie ausgewählten – befassen. Diese Kugel sei zur Zeit t durch mein Auge an einer bestimmten Wegstelle *wahrgenommen* worden. Wenn man davon ausgehen kann, dass in diesem Moment nichts meine Wahrnehmungsfähigkeit getrübt hat, so wird man aus *meiner* Wahrnehmung induktiv erschließen, dass *jeder andere geeignete Mensch sie ebenfalls* an jener Stelle *wahrgenommen* hätte, dass sie also an dieser Stelle zu *beobachten* gewesen ist. Ein *Beobachtungssatz* oder ein *Messwert* enthält somit viel mehr an nicht beobachteten Ele-

menten als der *Wahrnehmungssatz* oder das Messergebnis; denn aus ihm lassen sich Urteile über Menschen deduktiv ableiten, die an diesem Wahrnehmungsvorgang gar nicht beteiligt gewesen sind.

Ist die besagte Kugel an jener Stelle in den dortigen Schacht gefallen, so werden wir nicht zögern, diese *Messung* sofort als eine *gesicherte Messung* und daher das *Messergebnis* als den *Messwert* anzusehen, d. h. zu behaupten, jede andere analog konstruierte schiefe Ebene mit den analogen Klappen und Spalten hätte das gleiche Ergebnis erbracht. Und für *dieses* Experiment gilt dies wohl auch, weil man bei *ihm* die gesamte experimentelle Situation leicht so abschirmen kann, dass störende Faktoren wie Magnetismus nicht nennenswert wirksam werden, dass von der schiefen Ebene keine Kugeln unbemerkt entfernt oder angesetzt werden können, usw.. Im Bereich der Mikrophysik hat man mit der Frage der Abschirmung gelegentlich größere Schwierigkeiten: Ist die Voraussetzung der Abgeschirmtheit dann nur in grobem Umfang erfolgt, so muss der Wissenschaftler damit rechnen, dass die Fehlerquelle hier umfangreicher ist und dass sich in der Auswertung von Messdaten solche Fehler schneller kumulieren können.

Angenommen, das Galilei-Experiment mit der einen Kugel sei k mal wiederholt worden, bzw., um es einfacher zu formulieren: mit dem Hochziehen jener Sperre seien k Kugeln (mit $k \geq 1$) zum Rollen gebracht worden. Nach t Sekunden seien die Schächte geöffnet worden. Wie zu erwarten ist, sei die Mehrzahl der Kugeln in einen bestimmten dieser Schächte gefallen, und die anderen in die Schächte um diesen herum. Will der Statistiker mit seinen Methoden daraus Schlüsse ziehen, so muss er vom Experimentator mindestens zweierlei erfahren:

- (1) ob Störfaktoren wie etwa magnetische Einflüsse oder Luftbewegungen oder Unebenheiten der schiefen Ebene ins Gewicht fallen, so dass systematische Verzerrungen der eigentlich zu erwartenden Resultate möglich sind, oder ob dies nicht der Fall ist und die Kugeln dann für beliebige andere Serien von solchen Experimenten repräsentativ sind; und
- (2) ob die Kugeln gleichartig (oder gleichförmig) konstruiert sind, so dass auch von dieser Sei-

te aus eine Streuung der Ergebnisse zu erwarten ist, oder ob wegen der gleichartigen Konstruktion mit einem uniformen Ergebnis zu rechnen ist (sei es der k unabhängig wiederholten Einzelexperimente mit einer Kugel oder des einmaligen Experiments mit einer Gesamtheit von k Kugeln von dieser Art).

Hat er die jeweils positive Information erhalten, so kann er daraus – und auch hier mit Idealisierungsannahmen – den Erwartungswert der Weglänge und die Streuung um diesen Mittelwert errechnen. Nimmt man als Irrtumswahrscheinlichkeit einen Wert von Ausnahmen, die man als Risiko zu tragen bereit ist, etwa 0,05, so bedeckt das *Konfidenzintervall* die Gesamtheit jener – anders als in Abb. 3 dargestellt, vielmehr hinreichend schmal zu wählenden und mit Kugeln bis zum Querstrich aufgefüllten – Messintervalle um den Erwartungswert (d. h. um den Mittelwert), deren Wahrscheinlichkeiten insgesamt 0,95 sind; der *Fehlerbalken* ist dabei die halbe Länge des Konfidenzintervalls um den Mittelwert. Im Hinblick auf die gemessenen Werte ist wegen der bekannten und mit der statistischen Induktion verträglichen Umstände der experimentellen Situation somit im Grad 0,95 wahrscheinlich, dass künftige Messungen dieser Art ihre Werte in diesem Konfidenzintervall haben werden. Das Konfidenzintervall zeigt somit an, in welchem Bereich künftige Messungen *nahezu mit Sicherheit* erwartet werden können.

Ein solches Konfidenzintervall ist eine *Erfahrung*, d. h. eine für prognostische Zwecke statistisch verarbeitete Bewertung von gemachten Beobachtungen; sie ist eine *statistische Erfahrung*, wenn man in diesem Sinn mehrere Messwerte in Erwägung ziehen muss, um jenen Grad von 0,95 an Sicherheit zu erhalten, und sie ist eine *strikte Erfahrung*, wenn nur ein einziges Messintervall in jenem Konfidenzintervall liegt.

Man ist nun im Alltag wie in den Wissenschaften bestrebt, nicht nur in *einer* Hinsicht Erfahrungen zu machen. Man wird also im gegebenen Galilei-Experiment die Kugeln nicht nur $t = 1$ Sekunden rollen lassen, um daraus auf statistische Weise Erfahrungen abzuleiten, sondern danach $t = 2$ Sekunden lang, sodann $t = 3$ Sekunden lang, usw., gemäß Abb. 4, 5 und 6.

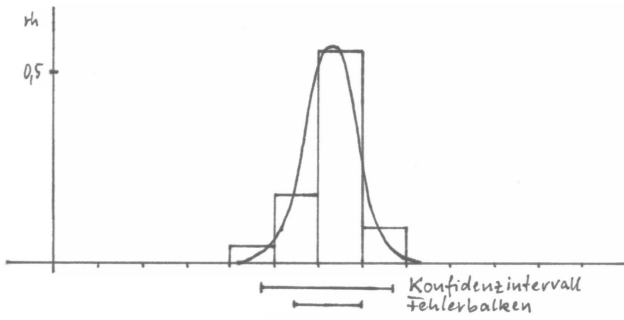


Abb. 3

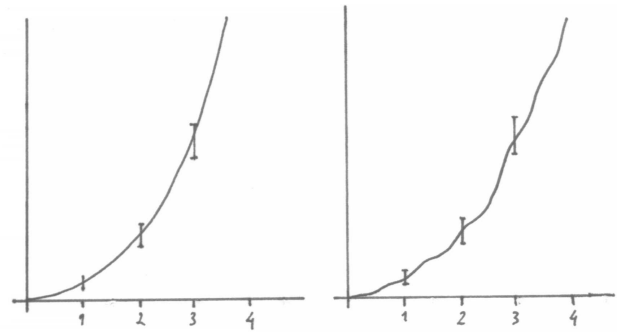


Abb. 7

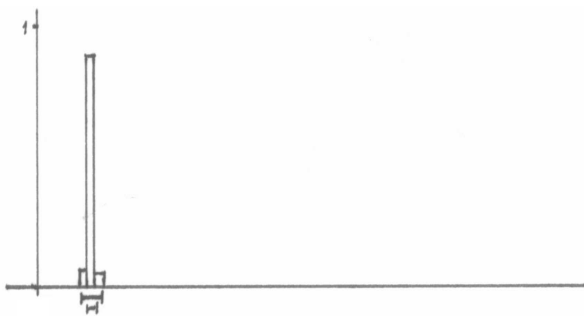


Abb. 4

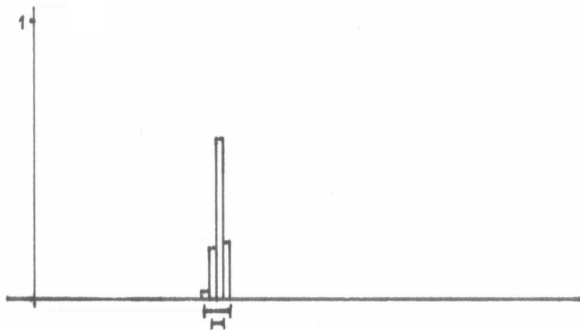


Abb. 5

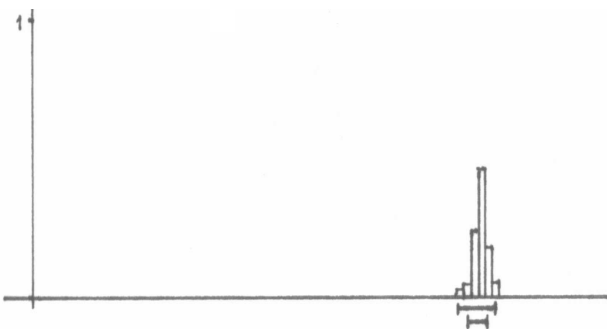


Abb. 6

An Erfahrungen – d. h. an Ergebnissen samt der, auf den genannten Informationen über die experimentelle Situation beruhenden Voraussetzungen – möge man Werte erhalten, wie sie gemäß Abb. 3 zustandekommen: Zunächst wird angezeigt, wie hoch die einzelnen Spalten mit Kugeln aufgefüllt sind. Idealsierend nimmt man bei der statistischen Verarbeitung dieser Werte sodann an, diese Spalten könnten in zehn Teilspalten aufgeteilt werden, jede von diesen abermals in zehn Teilspalten, und *so* weiter *ohne* Ende; und die Ergebnisse würden dann als Grenzwert dieser Aufteilungen bei hinreichend großer Anzahl k von Kugeln sich immer mehr der durchgezogenen Kurve – die die Dichte der so erlangten Verteilung anzeigt – annähern. Mit der Dichte kann sodann das Konfidenzintervall ermittelt werden, und mit diesem schließlich der Fehlerbalken. Die – strikte bzw. statistische – Erfahrung gibt das auf die experimentelle Situation – hier insbesondere des Zeitfaktors t – bezogene Konfidenzintervall wieder. Und nur dieses Konfidenzintervall ist für den Übergang zu den metrischen Gesetzen von Relevanz, nicht hingegen sind dies die einzelnen Messwerte und schon gar nicht die Messergebnisse.

Trägt man den Zeitfaktor auf die waagerechte Achse auf und den Weg samt der Konfidenzintervalle auf die senkrechte, so erhält man folgende Darstellungen der Abb. 7a und 8a.

Die durch die mathematischen Erfahrungen durchgezogenen Linien markieren die empirischen Gesetze, im vorgegebenen Fall Galilei-Gesetze. Man sieht an den Zeichnungen sofort, dass eine noch so große Anzahl von Erfahrungen dieser Art mit unendlich vielen, in mathematischer Sprache

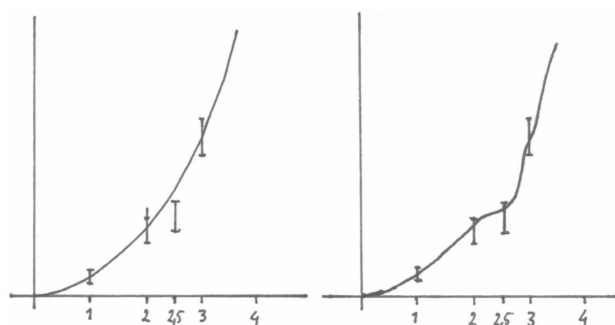


Abb. 8

formulierten, empirischen Gesetzen dieser Art verträglich sind. Der Wissenschaftler wird versuchen, eine von ihnen daraus auszuwählen, und er wird sich dabei von mathematischen Einfachheitsüberlegungen und nicht mehr von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen leiten lassen.

Selten wird es der Wissenschaftler allerdings so schön haben wie in diesem konstruierten Fall. Dann und wann wird nämlich eine Erfahrung nicht vom Gesetz getroffen werden, wie mit $t = 2,5$ in den Abb. 7b und 8b.

Er wird, insbesondere wenn solche Ausnahmen von statistischen Verarbeitungen systematisch erzielter Beobachtungen die Ausnahme bleiben, dem einfachen Gesetz mehr vertrauen als den Erfahrungen, d. h. er wird nicht, wie Abb. 7b und 8b, das Gesetz verändern, sondern nachträglich den Umständen der gemachten Beobachtung ein geringes Vertrauen schenken, d. h. er wird nicht mit Hilfe der Erfahrungen das Gesetz falsifizieren, sondern aufgrund des Gesetzes und der übrigen Erfahrungen jenen Ausreißer ignorieren.

Er wird dies allerdings gelegentlich auch dann tun, wenn solche Ausreißer überhand nehmen, insbesondere dann, wenn das Gesetz hinreichend mit anderen Gesetzen übereinstimmt, die er als dem vorgegebenen Fall analog betrachtet. Das folgende – nunmehr nicht konstruierte – Beispiel der Abb. 9 möge dies verdeutlichen.

Die kleinen senkrechten Striche markieren hier nicht die Konfidenzintervalle, sondern deren halbe Längen, d. h. die Fehlerbalken. Das rein empirisch gefundene Gesetz müsste dann eigentlich die – durch die Mittel- oder Erwartungswerte gezogene – gestufte Linie markieren; aber ein *solches*

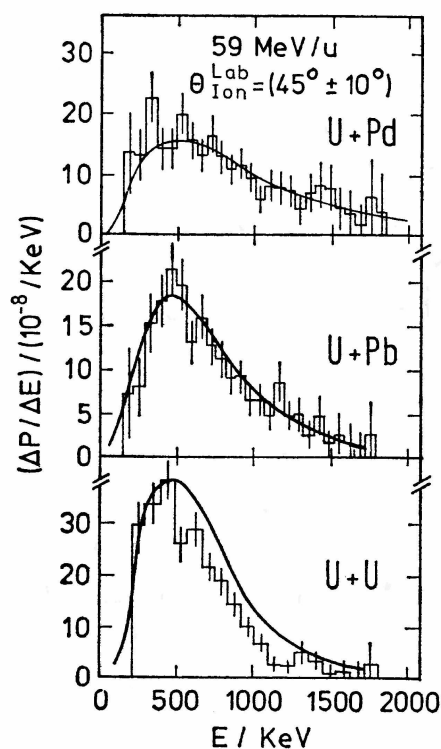


Abb. 9

Gesetz akzeptiert kein Erfahrungswissenschaftler. Er nimmt hierfür vielmehr jeweils die durchgezogene Linie, die er sich aus verwandten Gesetzen und Analogieüberlegungen erschlossen hat. Dass dabei diese durchgezogene Linie oft den Fehlerbalken – und manchmal auch dessen Verdoppelung, das Konfidenzintervall – verpasst, dass sie also durch diese abweichenden Messwerte eigentlich falsifiziert ist, stört keinen Naturwissenschaftler; denn sonst müsste er ja alle – oder zumindest fast alle – seine Gesetze als falsifiziert erachten. Im “Uni-Report” (Frankfurt am Main), steht als Kurzmitteilung:

“Mit Hilfe des UNILAC-Beschleunigers sind Uranionen auf Palladium-, Blei- und Uranatome (v. o. n. u.) geschossen worden. Die dabei entstehenden Positronen sind bei festgelegter Stoßenergie und in einem bestimmten Winkelbereich von Backe et al. gemessen worden (gestufte Linien mit Fehlerbalken). Die durchgezogene

genen Kurven zeigen die Berechnungen von Dr. J. Reinhardt in sehr guter Übereinstimmung mit dem Experiment.”

Und in der Tat ist mir von verschiedenen Physikern bestätigt worden, dass sie froh wären, wenn sie *immer* so gute Übereinstimmungen zwischen den statistisch ermittelten Erfahrungen und den metrischen Gesetzen hätten.

Die Messungen sind in dieser Abbildung überhaupt nicht mehr aufgezeichnet: Sie stehen nicht in Korrelation zum Gesetz; und selbst die Beobachtungen (als die gesicherten Messungen) sind hier nicht verzeichnet (wollte man sie einzeichnen, so müsste man sie als Punkte darstellen). Einzig die Erfahrungen werden mit dem Gesetz verglichen. Und weil man dieses Gesetz mit anderen Gesetzen mathematisch gut in Übereinstimmung bringen kann, akzeptiert man das Gesetz und erklärt, warum die Erfahrungen verzerrt sind, oder besser: Man gibt Hinweise, warum diese dem Gesetz widerstreitenden Erfahrungen zu Ausreißern deklariert werden dürfen, so dass man sie *vorerst* nicht zu beachten braucht:

- (1) weil einzelne der Messungen, entgegen der Annahme, keine Beobachtungen sind, so dass sie der Statistik nicht hätten zugrunde gelegt werden dürfen und diese dann auch in ihrem Ergebnis nicht verzerrt hätten (der Wissenschaftler nimmt die betreffenden Messdaten somit von seinem Schreibtisch; er sollte sie aber in die Schublade stecken und nicht in den Papierkorb werfen); oder
- (2) weil Störfaktoren im Spiel waren, weil vielleicht nicht-diagnostizierte lokale Magnetfelder gewirkt haben oder weil Luftwirbel nicht ermittelt und somit nicht ausgeschaltet worden sind, oder weil sonst irgendwie störend in die Situation eingegriffen worden ist (er muss dann aber, wenn er an diese Hypothese glaubt, die Serie von Experimenten wiederholen); oder
- (3) weil die Kugeln nicht gleichförmig konstruiert und somit eine größere Streuung voraussetzen gewesen ist: das Konfidenzintervall hätte somit, unter dieser Voraussetzung,

größer ausfallen müssen, oder man hätte eine größere Serie von Kugeln als die der vorgegebenen Anzahl k wählen müssen (man ergänzt dann entsprechend das Experiment, oder man zeichnet der Einfachheit halber ein größeres Konfidenzintervall ein, das dann die Linie überdeckt).

Man nimmt also die Voraussetzungen des statistischen Schließens teilweise zurück, mit deren Hilfe man unter Rückgriff auf Einfachheitsüberlegungen die Gesetze ermittelt hat. Dies hat jedoch mit Fingerspitzengefühl zu geschehen, das sich möglicherweise nicht in Regeln fassen lässt und das andererseits auch nicht in eine Immunisierungsstrategie münden darf; denn sonst stellt sich der betreffende Wissenschaftler ins Abseits. Er muss also *zuvor* bereit sein, sein metrisches Gesetz zu verändern, auch wenn dies eine Stütze seiner Theorie gewesen ist.

Die Exaktheit der sogenannten exakten Wissenschaften besteht in erster Linie darin, dass diese hinreichend *exakt* bestimmen können, in welchen Hinsichten und in welchem Ausmaß sie *unexakt* sind, und dass sie in einer *nicht von Bedingungen abhängenden* Sprechweise angeben können, wann und in welchem Ausmaß ihre Ergebnisse *von Bedingungen* abhängen. Ich bin der Ansicht, dass sie in *dieser* Hinsicht für andere Wissenschaften ein Beispiel konstituieren, möchte mich aber hüten, diese Überlegungen im Sinne einer falsch verstandenen Induktion auch auf *andere* Hinsicht vorzunehmen.