

H

ERNST MACH
ERKENNTNIS UND IRRTUM

ERKENNTNIS UND IRRTUM

SKIZZEN ZUR PSYCHOLOGIE DER FORSCHUNG

Des Autors

von

David Hume · Richard Avenarius

und

Wilhelm O. Schap, 1980

B 80/20

ZENTRALBIBLIOTHEK
DER PHYSIKALISCHEN INSTITUTE
DER UNIVERSITÄT HEIDELBERG
D-69 Heidelberg, Philosophenweg 16

1976

WISSENSCHAFTLICHE BUCHGESELLSCHAFT
DARMSTADT

ERNST MACH
ERKENNTNIS UND IRRTUM

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	V
Philosophisches und naturwissenschaftliches Denken	1
Eine psycho-physiologische Betrachtung	20
Gedächtnis, Reproduktion und Association	31
Reflex, Instinkt, Wille, Ich	50
Die Entwicklung der Individualität in der natürlichen und kulturellen Umgebung	70
Die Wucherung des Vorstellungslebens	88
Erkenntnis und Irrtum	108
Der Begriff	126
Empfindung, Anschauung, Phantasie	144
Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und aneinander	164
Über Gedankenexperimente	183
Das physische Experiment und dessen Leit motive	201
Ähnlichkeit und Analogie als Leit motive der Forschung	220
Die Hypothese	232
Das Problem	251
Die Voraussetzungen der Forschung	275
Beispiele von Forschungswegen	287
Deduktion und Induktion in psychologischer Beleuchtung	304
Zahl und Maß	320
Der physiologische Raum im Gegensatz zum metrischen	337
Zur Psychologie und natürlichen Entwicklung der Geometrie	353
Raum und Geometrie vom Standpunkt der Naturforschung	389
Die physiologische Zeit im Gegensatz zur metrischen	423
Zeit und Raum physikalisch betrachtet	434
Sinn und Wert der Naturgesetze	449
Zusammenstellung der Verweise von Zitaten aus anderen Werken des Verfassers in alter und neuer Auflage	464
Sachregister	466
Namenregister	472

Philosophisches und naturwissenschaftliches Denken.

1. Unter einfachen, beständigen, günstigen Verhältnissen lebende niedere Tiere passen sich durch die angeborenen Reflexe den augenblicklichen Umständen an. Dies genügt gewöhnlich zur Erhaltung des Individuums und der Art durch eine angemessene Zeit. Verwickelteren und weniger beständigen Verhältnissen kann ein Tier nur widerstehen, wenn es sich einer räumlich und zeitlich ausgedehnteren Mannigfaltigkeit der Umgebung anzupassen vermag. Es ist hierzu eine räumliche und zeitliche *Fertigkeit* nötig, welcher zunächst durch vollkommene Sinnesorgane, und bei weiterer Steigerung der Anforderungen durch Entwicklung des *Vorstellungslebens* entsprochen wird. In der Tat hat ein mit *Erinnerung* ausgestattetes Lebewesen eine ausgedehntere räumliche und zeitliche Umgebung im psychischen Gesichtsfeld, als es durch seine Sinne zu erreichen vermag. Es nimmt sozialen auch die Teile der Umgebung wahr, die an die unmittelbar sichtbare grenzen, sieht Beute oder Feinde herankommen, welche noch kein Sinnesorgan anmeldet. Was dem primitiven *Menschen* einen quantitativen Vorteil über seine tierischen Genossen verbürgt, ist wohl nur die Stärke seiner individuellen Erinnerung, die allmählich durch die mitgeteilte Erinnerung der Vorfahren und des Stammes unterstützt wird. Auch der Fortschritt der Kultur überhaupt ist wesentlich dadurch gekennzeichnet, daß zusehends größere räumliche und zeitliche Gebiete in den Bereich der *Obsorge* des Menschen gezogen werden. Mit der teilweisen *Entlastung* des Lebens, welche bei steigender Kultur zunächst durch die Teilung der Arbeit, die Entwicklung der Gewerbe u. s. w. eintritt, gewinnt das auf ein engeres Tatsachen-

also dasselbe. Es zeigt sich dies auch darin, daß die größten Philosophen, wie Plato, Aristoteles, Descartes, Leibniz u. a. zugleich auch der Spezialforschung neue Wege eröffnet und andere Forscher wie Galilei, Newton und Darwin u. a., ohne Philosophen zu heißen, doch das philosophische Denken mächtig gefördert haben.

Es ist allerdings richtig: Was der Philosoph für einen möglichen *Anfang* hält, winkt dem Naturforscher erst als das sehr ferne *Ende* seiner Arbeit. Allein diese Meinungsverschiedenheit soll die Forscher nicht hindern, und hindert sie tatsächlich auch nicht, voneinander zu lernen. Durch die zahlreichen Versuche, die allgemeinsten Züge großer Gebiete zusammenzufassen, hat sich die Philosophie in dieser Richtung reichliche Erfahrung erworben; sie hat nach und nach sogar teilweise die Fehler erkannt und vermeiden gelernt, in die sie selbst verfallen ist und in die der philosophisch nicht geschulte Naturforscher seinerseits noch *heute* fast gewiß verfällt. Aber auch positive wertvolle Gedanken, wie z. B. die verschiedenen Erhaltungsideen, hat das philosophische Denken der Naturforschung geliefert. Der Philosoph entnimmt wieder der Spezialforschung solidere Grundlagen, als sie das vulgäre Denken ihm zu bieten vermag. Die Naturwissenschaft ist ihm einerseits ein Beispiel eines vorsichtigen, festen und erfolgreichen wissenschaftlichen Baues, während er andererseits aus der allzugroßen Einseitigkeit des Naturforschers nützliche Lehren zieht. In der Tat hat auch jeder Philosoph seine Privat-Naturwissenschaft und jeder Naturforscher seine Privat-Philosophie. Nur sind diese Privat-Wissenschaften meist etwas rückständiger Art. In den seltensten Fällen kann der Naturforscher die Naturwissenschaft des Philosophen, wo sich dieselbe gelegentlich äußert, für voll nehmen. Die meisten Naturforscher hingegen pflegen heute als Philosophen einen 150 Jahre alten Materialismus, dessen Unzulänglichkeit allerdings nicht nur die Fachphilosophen, sondern alle dem philosophischen Denken nicht zu fern Stehenden, längst durchschaut haben. Nur wenige Philosophen nehmen heute an der naturwissenschaftlichen *Arbeit* teil, und nur ausnahmsweise widmet der Naturforscher eigene *Denkarbeit* philosophischen Fragen. Dies ist aber zur Verständigung durchaus notwendig, denn

bloße Lektüre kann hier dem einen wie dem andern nicht helfen.

Überblicken wir die Jahrtausende alten Wege, welche Philosophen und Naturforscher gewandelt sind, so finden wir dieselben teilweise wohl gebahnt. An manchen Stellen scheinen sie aber durch sehr natürliche, instinktive, philosophische und naturwissenschaftliche Vorurteile verlegt, welche als Schutt älterer Versuche, mißlungener Arbeit, zurückgeblieben sind. Es möchte sich empfehlen, daß von Zeit zu Zeit diese Schutthalden weggeräumt oder umgangen werden.

5. Nicht nur die Menschheit, sondern auch jeder einzelne findet beim Erwachen zu vollem Bewußtsein eine fertige Weltansicht in sich vor, zu deren Bildung er nichts absichtlich beigetragen hat. Diese nimmt er als ein Geschenk der Natur und Kultur hin. Hier muß jeder beginnen. Kein Denker kann mehr tun, als von dieser Ansicht ausgehen, dieselbe weiter entwickeln und korrigieren, die Erfahrungen der Vorfahren benützen, die Fehler derselben nach seiner besten Einsicht vermeiden, kurz seinen Orientierungsweg selbständig und mit Umsicht noch einmal gehen. Worin besteht nun diese Weltansicht? Ich finde *mich* im Raum umgeben von verschiedenen in demselben beweglichen Körpern. Diese Körper sind teils „leblos“, teils Pflanzen, Tiere und Menschen. *Mein* im Raume ebenfalls beweglicher *Leib* ist für mich ebenso ein sichtbares, tastbares, überhaupt sinnliches Objekt, welches einen Teil des sinnlichen Raumbereiches einnimmt, *neben* und *aufßer* den übrigen Körpern sich befindet, wie diese selbst. *Mein* Leib unterscheidet sich von den Leibern der übrigen Menschen nebst individuellen Merkmalen dadurch, daß sich bei Berührung desselben eigentümliche Empfindungen einstellen, die ich bei Berührung anderer Leiber nicht beobachte. Derselbe ist ferner meinem Auge nicht so vollständig sichtbar, wie der Leib anderer Menschen. Ich kann meinen Kopf, wenigstens unmittelbar, nur zum kleinsten Teil sehen. Überhaupt erscheint mein Leib unter einer Perspektive, die von jener aller übrigen Leiber ganz verschieden ist. Denselben optischen Standpunkt kann ich andern Leibern gegenüber nicht einnehmen. Analoges gilt in Bezug auf den Tastsinn, aber auch in Bezug auf die übrigen Sinne. Auch meine Stimme höre ich z. B. ganz anders,

also dasselbe. Es zeigt sich dies auch darin, daß die größten Philosophen, wie Plato, Aristoteles, Descartes, Leibniz u. a. zugleich auch der Spezialforschung neue Wege eröffnet und anders Forscher wie Galilei, Newton und Darwin u. a., ohne Philosophen zu heißen, doch das philosophische Denken mächtig gefördert haben.

Es ist allerdings richtig: Was der Philosoph für einen möglichen *Anfang* hält, winkt dem Naturforscher erst als das sehr ferne *Ende* seiner Arbeit. Allein diese Meinungsverschiedenheit soll die Forscher nicht hindern, und hindert sie tatsächlich auch nicht, voneinander zu lernen. Durch die zahlreichen Versuche, die allgemeinsten Züge großer Gebiete zusammenzufassen, hat sich die Philosophie in dieser Richtung reichliche Erfahrung erworben; sie hat nach und nach sogar teilweise die Fehler erkannt und vermeiden gelernt, in die sie selbst verfallen ist und in die der philosophisch nicht geschulte Naturforscher seinerseits noch *heute* fast gewiß verfällt. Aber auch positive wertvolle Gedanken, wie z. B. die verschiedenen Erhaltungsideen, hat das philosophische Denken der Naturforschung geliefert. Der Philosoph entnimmt wieder der Spezialforschung solidere Grundlagen, als sie das vulgäre Denken ihm zu bieten vermag. Die Naturwissenschaft ist ihm einerseits ein Beispiel eines vorsichtigen, festen und erfolgreichen wissenschaftlichen Baues, während er andererseits aus der allzugroßen Einseitigkeit des Naturforschers nützliche Lehren zieht. In der Tat hat auch jeder Philosoph seine Privat-Naturwissenschaft und jeder Naturforscher seine Privat-Philosophie. Nur sind diese Privat-Wissenschaften meist etwas rückständiger Art. In den seltensten Fällen kann der Naturforscher die Naturwissenschaft des Philosophen, wo sich dieselbe gelegentlich äußert, für voll nehmen. Die meisten Naturforscher hingegen pflegen heute als Philosophen einen 150 Jahre alten Materialismus, dessen Unzulänglichkeit allerdings nicht nur die Fachphilosophen, sondern alle dem philosophischen Denken nicht zu fern Stehenden, längst durchschaut haben. Nur wenige Philosophen nehmen heute an der naturwissenschaftlichen *Arbeit* teil, und nur ausnahmsweise widmet der Naturforscher eigene *Denkarbeit* philosophischen Fragen. Dies ist aber zur Verständigung durchaus notwendig, denn

bloße Lektüre kann hier dem einen wie dem andern nicht helfen.

Überblicken wir die Jahrtausende alten Wege, welche Philosophen und Naturforscher gewandelt sind, so finden wir dieselben teilweise wohl gebahnt. An manchen Stellen scheinen sie aber durch sehr natürliche, instinktive, philosophische und naturwissenschaftliche Vorurteile verlegt, welche als Schutz älterer Versuche, mißlungener Arbeit, zurückgeblieben sind. Es möchte sich empfehlen, daß von Zeit zu Zeit diese Schutzthalten weggeräumt oder umgangen werden.

5. Nicht nur die Menschheit, sondern auch jeder einzelne findet beim Erwachen zu vollem Bewußtsein eine fertige Weltansicht in sich vor, zu deren Bildung er nichts absichtlich beigetragen hat. Diese nimmt er als ein Geschenk der Natur und Kultur hin. Hier muß jeder beginnen. Kein Denker kann mehr tun, als von dieser Ansicht ausgehen, dieselbe weiter entwickeln und korrigieren, die Erfahrungen der Vorfahren benützen, die Fehler derselben nach seiner besten Einsicht vermeiden, kurz seinen Orientierungsweg selbständig und mit Umsicht noch einmal gehen. Worin besteht nun diese Weltansicht? Ich finde *nicht* im Raum umgeben von verschiedenen in demselben beweglichen Körpern. Diese Körper sind teils „leblos“, teils Pflanzen, Tiere und Menschen. *Mein* im Raume ebenfalls beweglicher *Leib* ist für mich ebenso ein sichtbares, tastbares, überhaupt sinnliches Objekt, welches einen Teil des sinnlichen Raumes einnimmt, *neben* und *außer* den übrigen Körpern sich befindet, wie diese selbst. *Mein* Leib unterscheidet sich von den Leibern der übrigen Menschen nebst individuellen Merkmalen dadurch, daß sich bei Berührung desselben eigentümliche Empfindungen einstellen, die ich bei Berührung anderer Leiber nicht beobachte. Derselbe ist ferner meinem Auge nicht so vollständig sichtbar, wie der Leib anderer Menschen. Ich kann meinen Kopf, wenigstens unmittelbar, nur zum kleinsten Teil sehen. Überhaupt erscheint mein Leib unter einer Perspektive, die von jener aller übrigen Leiber ganz verschieden ist. Denselben optischen Standpunkt kann ich andern Leibern gegenüber nicht einnehmen. Analoges gilt in Bezug auf den Tastsinn, aber auch in Bezug auf die übrigen Sinne. Auch meine Stimme höre ich z. B. ganz anders,

als die Stimme der andern Menschen.¹⁾ Ich finde ferner Erinnerungen, Hoffnungen, Befürchtungen, Triebe, Wünsche, Willen u. s. w. vor, an deren Entwicklung ich ebenso unschuldig bin, wie an dem Vorhandensein der Körper in der Umgebung. An diesen Willen knüpfen sich aber Bewegungen des *einen bestimmten* Leibes, der sich dadurch und durch das Vorausgehende als *mein* Leib kennzeichnet. — Bei Beobachtung des Verhaltens der übrigen Menschenleiber zwingt mich nebst dem praktischen Bedürfnis eine starke *Analogie*, der ich nicht widerstehen kann, auch gegen meine Absicht, Erinnerungen, Hoffnungen, Befürchtungen, Triebe, Wünsche, Willen, ähnlich den mit meinem Leib zusammenhängenden, auch an die andern Menschen- und Tierleiber gebunden zu denken. Das Verhalten anderer Menschen nötigt mich ferner anzunehmen, daß *mein* Leib und die übrigen Körper für *sie* ebenso unmittelbar vorhanden sind, wie für *mich ihre* Leiber und die übrigen Körper, daß dagegen *meine* Erinnerungen, Wünsche u. s. w. für *sie* ebenso nur als Ergebnis eines unwiderstehlichen Analogieschlusses bestehen, wie für *mich ihre* Erinnerungen, Wünsche u. s. w. Die Gesamtheit des für *alle* im Raume unmittelbar vorhandenen mag als das *Physische*, dagegen das nur *einem* unmittelbar Gegebene, allen anderen aber nur durch Analogie Erschließbare vorläufig als das *Psychische* bezeichnet werden. Die Gesamtheit des nur einem unmittelbar Gegebenen wollen wir auch dessen (engeres) *Ich* nennen. Man beachte des Descartes Gegenüberstellung: „Materie, Geist-Ausdehnung, Denken“. Hierin liegt die natürliche Begründung des Dualismus, der übrigens noch alle möglichen Übergänge vom bloßen Materialismus zum reinen Spiritualismus darstellen kann, je nach der *Wertschätzung* des Physischen oder Psychischen, nach der Auffassung des einen als des Fundamentalten, des andern als des Ableitbaren. Die Auffassung des im Dualismus ausgesprochenen Gegensatzes kann sich aber auch zu solcher Schärfe steigern, daß an einen Zusammenhang des Physischen und Psychischen — entgegen der natürlichen Ansicht — gar nicht mehr gedacht werden kann,

¹⁾ An guten Phonographen erkennt man die Klangfarbe der Stimme der Freunde, die eigene Stimme hat aber einen fremden Klang, da die Kopfresonanz fehlt.

woraus die wunderlichen monströsen Theorien des „Occasionalismus“ und der „prästabilierten Harmonie“ hervorgehen.¹⁾

6. Die Befunde im Raume, in meiner Umgebung, *hängen voneinander ab*. Eine Magnetnadel gerät in Bewegung, sobald ein anderer Magnet genügend angenähert wird. Ein Körper erwärmt sich am Feuer, kühlt aber ab bei Berührung mit einem Eisstück. Ein Blatt Papier im dunklen Raum wird durch die Flamme einer Lampe sichtbar. Das Verhalten anderer Menschen nötigt mich zu der Annahme, daß darin ihre Befunde den meinigen gleichen. Die Kenntnis der *Abhängigkeit* der Befunde, der *Erlebnisse voneinander* ist für uns von dem größten Interesse, sowohl praktisch zur Befriedigung der Bedürfnisse, als auch theoretisch zur gedanklichen Ergänzung eines unvollständigen Befundes. Bei Beachtung der gegenseitigen Abhängigkeit des Verhaltens der Körper voneinander kann ich die Leiber der Menschen und Tiere wie leblose Körper ansehen, indem ich von allem durch Analogie Erschlossenen abstrahiere. Dagegen bemerke ich wieder, daß *mein* Leib auf diesen Befund immer einen wesentlichen Einfluß übt. Auf ein weißes Papier kann ein Körper einen Schatten werfen; ich kann aber einen diesem Schatten ähnlichen Fleck auf diesem Papier sehen, wenn ich unmittelbar zuvor einen recht hellen Körper angeblickt habe. Durch passende Stellung meiner Augen kann ich *einen* Körper doppelt, oder *zwei* sehr ähnliche Körper *dreifach* sehen. Körper, welche mechanisch bewegt sind, kann ich, wenn ich mich zuvor rasch gedreht habe, ruhig sehen, oder umgekehrt ruhige bewegt. Bei Schluß meiner Augen verschwindet überhaupt mein optischer Befund. Analoge haptische oder Wärmebefunde u. s. w. lassen sich durch entsprechende Beeinflussung meines Leibes ebenfalls herbeiführen. Wenn aber mein Nachbar die betreffenden Versuche an *seinem* Leibe vornimmt, so ändert dies an *meinem* Befund nichts, wie wohl ich durch Mitteilung erfahre und schon nach der Analogie annehmen muß, daß *seine* Befunde in entsprechender Weise modifiziert werden.

¹⁾ Euler hat in seinem 83. Brief an eine deutsche Prinzessin dargelegt, wie lächerlich und aller täglichen Erfahrung zuwider es ist, zwischen dem *eigenen* Leib und der *eigener* Psyche keine engere Beziehung anzunehmen, als zwischen irgend einem Leib und *irgend* einer Psyche. Vgl. Mechanik. 7. Aufl. 1912. S. 431.

Die Bestandteile meines Befundes im Raume hängen also nicht nur im allgemeinen voneinander ab, sondern insbesondere auch von den Befunden an *meinem* Leib, und dies gilt mutatis mutandis von den Befunden eines *jeden*. Wer nun auf die letztere Abhängigkeit aller *unserer* Befunde von *unserem* Leib einen *übertriebenen* Wert legt, und darüber alle anderen Abhängigkeiten unterschätzt, der gelangt leicht dazu, *alle* Befunde als ein bloßes Produkt unseres Leibes anzusehen, *alles* für „*subjektiv*“ zu halten. Wir haben aber die räumliche Umgrenzung *U* unseres Leibes immer vor Augen und sehen, daß die Befunde *außerhalb U* ebensowohl *voneinander*, als auch von den Befunden *innerhalb U* abhängen. Die Erforschung der außerhalb *U* liegenden Abhängigkeiten ist allerdings viel einfacher und weiter fortgeschritten, als jene der *U überschreitenden* Abhängigkeiten. Schließlich werden wir aber doch erwarten dürfen, daß letztere Abhängigkeiten doch von *derselben* Art sind wie erstere, wie wir aus der fortschreitenden Untersuchung fremder, außerhalb unserer *U*-Grenze gelegener Tier- und Menschenleiber mit zunehmends wachsender Sicherheit entnehmen. Die entwickelte, mehr und mehr auf Physik sich stützende Physiologie kann auch die subjektiven Bedingungen eines Befundes klarlegen. Ein naiver *Subjektivismus*, der die abweichenden Befunde derselben Person unter wechselnden Umständen und jene verschiedener Personen als verschiedene Fälle von *Schein* auffaßt und einer vermeintlichen sich gleichbleibenden *Wirklichkeit* entgegenstellt, ist jetzt nicht mehr zulässig. Denn nur auf die *volle* Kenntnis sämtlicher Bedingungen eines Befundes kommt es uns an; nur diese hat für uns praktisches oder theoretisches Interesse.

7. Meine sämtlichen *physischen* Befunde kann ich in *derzeit* nicht weiter zerlegbare *Elemente* auflösen: Farben, Töne, Drücke, Wärmen, Düfte, Räume, Zeiten u. s. w. Diese *Elemente*¹⁾ zeigen sich sowohl von außerhalb *U*, als von innerhalb *U* liegenden Umständen abhängig. Insofern und nur insofern letzteres der

¹⁾ Vgl. Analyse d. Empfindungen. 4. Aufl. 1903. — Ich möchte hier auch auf die sehr interessanten Ausführungen von R. v. Sternneck hinweisen, obwohl ich in manchen Punkten anderer Meinung bin. (v. Sternneck, Über die Elemente des Bewußtseins. Ber. d. Wiener philosophischen Gesellschaft. 1903.)

Fail ist, nennen wir diese Elemente auch *Empfindungen*. Da mir die Empfindungen der Nachbarn ebensowenig unmittelbar gegeben sind, als ihnen die meinigen, so bin ich berechtigt *dieselben* Elemente, in welche ich das Physische aufgelöst habe, auch als Elemente des Psychischen anzusehen. Das *Physische* und das *Psychische* enthält also *gemeinsame Elemente*, steht also keineswegs in dem gemeinhin angenommenen schroffen Gegensatz. Dies wird noch klarer, wenn sich zeigen läßt, daß Erinnerungen, Vorstellungen, Gefühle, Willen, Begriffe sich aus zurückgelassenen Spuren von Empfindungen aufbauen, mit letzteren also keineswegs unvergleichbar sind. Wenn ich nun die Gesamtheit meines Psychischen — die Empfindungen eingerechnet — mein *Ich im weitesten Sinne* nenne (im Gegensatz zu dem engeren Ich, S. 6), so kann ich ja in diesem Sinne sagen, daß mein Ich die Welt eingeschlossen (als Empfindung und Vorstellung) enthalte. Es ist aber nicht außer acht zu lassen, daß diese Auffassung andere gleichberechtigte nicht ausschließt. Diese *solipsistische* Position bringt die Welt scheinbar als Selbständiges zum Verschwinden, indem sie den Gegensatz zwischen demselben und dem Ich verwischt. Die Grenze, welche wir *U* genannt haben, bleibt aber dennoch bestehen; dieselbe geht nunmehr nicht *um* das engere Ich, sondern *mittlen durch* das erweiterte Ich, mitten durch das „Bewußtsein“. Ohne Beachtung dieser Grenze und ohne Rücksicht auf die Analogie unseres Ich mit dem fremden Ich, hätten wir die solipsistische Position gar nicht gewinnen können. Wer also sagt, daß die Grenzen des Ich für die Erkenntnis *unüberschreitbar* seien, meint das *erweiterte* Ich, welches die Anerkennung der Welt und der fremden Ich schon enthält. Auch die Beschränkung auf den „theoretischen“ Solipsismus¹⁾ des Forschers macht die Sache nicht erträglicher. Es gibt keinen isolierten Forscher. Jeder hat auch praktische Ziele, jeder lernt auch von andern, und arbeitet auch zur Orientierung anderer.

8. Bei Konstatierung unserer *physischen* Befunde unterliegen wir mancherlei Irrtümern oder „Täuschungen“. Ein schiefer ins Wasser getauchter gerader Stab wird geknickt gesehen, und der

¹⁾ Vgl. J. Petzoldt, Solipsismus auf praktischem Gebiet. Vierteljahrschrift f. wissenschaftl. Philosophie. XXV. 3. S. 339. — Schuppe, Der Solipsismus. Zeitschr. für immanente Philosophie. B. III S. 327.

Unerfahrene könnte meinen, daß er auch haptisch sich als geknickt erweisen werde. Das Luftbild eines Hohlspiegels halten wir für greifbar. Einem grell beleuchteten Gegenstand schreiben wir weiße Körperfarbe zu und sind erstaunt, denselben bei mäßiger Beleuchtung schwarz zu finden. Die Form eines Baumstammes im Dunkeln bringt uns die Gestalt eines Menschen in Erinnerung, und wir meinen diesen vor uns zu haben. Alle solche „Täuschungen“ beruhen darauf, daß wir die Umstände, unter welchen ein Befund gemacht wird, nicht kennen, oder nicht beachten, oder andere als die bestehenden voraussetzen. Unsere Phantasie ergötzt sich teilweise Befunde in der ihr *geläufigsten* Weise und fälscht sie zuweilen eben dadurch. Was also im vulgären Denken zur Entgegenstellung von Schein und Wirklichkeit, von *Erscheinung* und *Ding* führt, ist die *Verwechslung* von Befunden unter den verschiedensten Umständen mit Befunden unter *ganz bestimmten* Umständen. Sobald einmal durch das ungenaue vulgäre Denken der Gegensatz von Erscheinung und Ding sich herausgebildet hat, dringt die betreffende Auffassung auch in das philosophische Denken ein, welche dieselbe schwer genug los wird. Das monströse, unerkennbare „Ding an sich“, welches hinter den Erscheinungen steht, ist der unverkennbare Zwillingsbruder des vulgären Dinges, welcher den Rest seiner Bedeutung verloren hat!¹⁾ Nachdem durch Verkennen der Grenze *U* der *ganze Inhalt* des Ich zum *Schein* gestempelt ist, was soll uns da noch ein unerkennbares Etwas außerhalb der vom Ich niemals überschreitbaren Grenzen? Bedeutet es etwas anderes als einen Rückfall in das vulgäre Denken, das hinter der „trügerischen“ Erscheinung, wenigstens doch immer noch einen soliden Kern zu finden weiß?

Wenn wir die Elemente: rot, grün, warm, kalt-u. s. w., wie sie alle heißen mögen, betrachten, welche in ihrer Abhängigkeit von außerhalb *U* gelegenen Befunden *physische*, in ihrer Abhängigkeit von Befunden innerhalb *U* aber *psychische* Elemente, gewiß aber in beiderlei Sinn unmittelbar gegeben und *identisch* sind, so hat bei dieser einfachen Sachlage die Frage nach Schein

¹⁾ Vgl. die vortrefflichen polemischen Ausführungen Schuppes gegen Ueberweg (Brasch, Welt- und Lebensanschauung F. Ueberwegs. Leipzig 1889).

und Wirklichkeit ihren Sinn verloren. Wir haben hier die Elemente der realen Welt und die Elemente des Ich zugleich vor uns. Was uns allein noch weiter interessieren kann, ist die *funktionale Abhängigkeit* (im mathematischen Sinne) dieser Elemente *voneinander*. Man mag diesen Zusammenhang der Elemente immerhin ein *Ding* nennen. Derselbe ist aber *kein unerkennbares* Ding. Mit jeder neuen Beobachtung, mit jedem naturwissenschaftlichen Satz schreitet die Erkenntnis dieses Dinges vor. Wenn wir das (engere) *Ich* unbefangen betrachten, so zeigt sich dieses ebenfalls als ein funktionaler Zusammenhang der Elemente. Nur die *Form* dieses Zusammenhanges ist hier eine etwas anders geartete, als wir sie im „physischen“ Gebiet anzutreffen gewöhnt sind. Man denke an das verschiedene Verhalten der „Vorstellungen“ gegenüber jenem der Elemente des ersteren Gebietes, an die associative Verknüpfung der letzteren u. s. w. Ein unbekanntes, unerkennbares Etwas hinter diesem Getriebe haben wir nicht nötig, und dasselbe hilft uns auch nicht im mindesten zu besserem Verständnis. Ein fast noch *Unerforschtes* steht allerdings hinter dem Ich; es ist unser Leib. Aber mit jeder neuen physiologischen und psychologischen Beobachtung wird uns das Ich besser bekannt. Die introspektive und experimentelle Psychologie, die Hirnanatomie und Psychopathologie, welchen wir schon so wertvolle Aufklärungen verdanken, arbeiten hier der Physik (im weitesten Sinne) kräftig entgegen, um sich mit dieser zu mehr eindringender Weitkenntnis zu ergänzen. Wir können erwarten, daß alle *vernünftigen* Fragen sich nach und nach der Beantwortbarkeit nähern werden.¹⁾

9. Wenn man die Abhängigkeit der wechselnden Vorstellungen voneinander untersucht, so tut man das in der Hoffnung, die psychischen Vorgänge, seine eigenen Erlebnisse und Handlungen zu begreifen. Wer aber zum Schluß seiner Untersuchung im

¹⁾ Die Ausführungen in 5—8 schienen vereinzelt Lesern von den in »Analyse der Empfindungen« gegebenen abzuweichen. Das ist jedoch nicht der Fall. Ich habe, ohne an dem Wesen der Sache etwas zu ändern, mit *dieser Form* nur der Scheu der Naturforscher vor allem, was an Psychonismus zu streifen scheint, Rechnung tragen wollen. Für mich ist es übrigens ganz ohne Belang, mit welchem *Namen* man meinen Standpunkt bezeichnet.

Hintergründe doch wieder ein beobachtendes und handelndes Subjekt braucht, der bemerkt nicht, daß er sich die ganze Mühe der Untersuchung hätte ersparen können, denn er ist beim Ausgangspunkt derselben wieder angelangt. Die ganze Situation erinnert lebhaft an die Geschichte von dem Landwirt, der sich die Dampfmaschinen einer Fabrik erklären ließ, um schließlich nach den Pferden zu fragen, durch welche die Maschinen getrieben würden. Das war ja das Hauptverdienst Herbarts, daß er das Getriebe der Vorstellungen *an sich* untersuchte. Allerdings verdarb er sich die ganze Psychologie wieder durch seine Voraussetzung der Einfachheit der Seele. In neuester Zeit erst fängt man an, sich mit einer „Psychologie ohne Seele“ zu befassen.

10. Das Vordringen der Analyse unserer Erlebnisse bis zu den „Elementen“, über die wir *vorläufig* nicht hinaus können¹⁾,

Die Zerlegung in die hier als *Elemente* bezeichneten Bestandteile ist auf dem vollkommen naiven Standpunkt des primitiven Menschen kaum denkbar. Derselbe faßt, wie das Tier, wahrscheinlich die Körper der Umgebung als Ganzes auf, ohne die Beiträge, welche die einzelnen Sinne liefern, die ihm aber nur zusammen gegeben sind, zu trennen. Noch weniger wird er Farbe und Gestalt zu scheiden, oder die Mischfarbe in ihre Bestandteile zu zerlegen vermögen. Das alles ist schon Ergebnis einfacher *wissenschaftlicher* Erfahrungen und Überlegungen. Die Zerlegung der Geräusche in einfache Töneempfindungen, der Tastempfindungen in mehrere Teilempfindungen, der Lichtempfindungen in die Grundfarbenempfindungen u. s. w. gehört ja so gar der *neueren* Wissenschaft an. Daß hier die Grenze der Analyse erreicht sei, und daß diese durch kein Mittel der Physiologie weiter getrieben werden könnte, werden wir nicht glauben. Unsere Elemente sind also *vorläufige*, so wie es jene der Alchimie waren, und die jetzt geltenden der Chemie auch sind. — Wenn für unsere Zwecke, zur Ausschaltung philosophischer Scheinprobleme, die Reduktion auf die besagten Elemente auch der beste Weg schien, so folgt daraus noch nicht, daß *jede* wissenschaftliche Untersuchung bei diesen Elementen beginnen muß. Was für den Psychologen der einfachste und natürlichste Anfang ist, muß ein solcher durchaus nicht für den Physiker oder Chemiker sein, der ganz *andere* Probleme vor sich hat, oder dem dieselben Fragen ganze *andere* Seiten darbieten.

Aber *eins* ist zu beachten. Während es keiner Schwierigkeit unterliegt, *jedes* *physische* Erlebnis aus Empfindungen, also *psychischen Elementen* aufzubauen, ist keine Möglichkeit abzusehen, wie man aus den in der heutigen Physik gebräuchlichen Elementen: Massen und Bewegungen (in ihrer für diese Spezialwissenschaft allein dienlichen Starrheit) irgend ein *psychisches* Erlebnis darstellen könnte. Wenn Dubois letzteres richtig erkannte, so bestand sein

hat hauptsächlich den Vorteil die beiden Probleme des „*unergründlichen*“ Dinges und des ebenso „*unerforschlichen*“ Ich auf

Fehler doch darin, daß er an den umgekehrten Weg gar nicht dachte, und die Reduktion beider Gebiete aufeinander darum überhaupt für unmöglich hielt. Man bedenke, daß nichts Gegenstand der Erfahrung oder einer Wissenschaft ist, was nicht irgendwie Bewußtseinsinhalt werden kann. Die klare Erkenntnis dieses Sachverhalts befähigt uns, je nach dem Bedürfnis und dem Ziel der Untersuchung, bald den psychologischen, bald den physikalischen Standpunkt als Ausgangspunkt zu wählen. So wird auch der das Opfer eines sonderbaren aber weit verbreiteten *System-Aberglaubens*, welcher meint, weil er das eigene Ich als Medium aller Erkenntnis erkannt hat, den Analogieschluß auf die fremden Ich nicht mehr machen zu dürfen. Dient doch dieselbe Analogie auch zur Ergründung des *eigenen* Ich.

Ich freue mich hier noch auf M. Verworn (Naturwissenschaft und Weltanschauung 1904) hinweisen zu können, welcher wieder sehr verwandte Ansichten vertritt. Man vergleiche insbesondere die Anmerkung S. 45. V.'s Ausdruck „*Psychomorphismus*“ scheint mir jetzt allerdings weniger sachgemäß, als es in einer älteren, idealistischen Jugendphase meines Denkens der Fall gewesen wäre.

H. Höffding (Moderne Philosophen, 1905, S. 121) referiert die mündliche Äußerung von R. Avenarius: „Ich kenne weder Physisches noch Psychisches, sondern nur ein Drittes.“ Diese Worte würde ich sofort unterschreiben, wenn ich nicht fürchten müßte, daß man unter diesem Dritten ein *unbekanntes* Dritte, etwa ein Ding an sich oder eine andere metaphysische Teufelei versteht. Für mich ist das Physische und Psychische dem Wesen nach *identisch*, unmittelbar *bekannt* und *gegeben*, nur der Betrachtung nach verschieden. Diese Betrachtung, und demnach die Unterscheidung beider, kann überhaupt erst bei höherer psychischer Entwicklung und reicherer Erfahrung eintreten. Vorher ist das Physische und das Psychische ununterscheidbar. Für mich ist jede wissenschaftliche Arbeit verloren, die nicht das unmittelbar Gegebene *festhält*, und die, statt die *Beziehungen* der Merkmale des Gegebenen zu ermitteln, irgendwo im Leeren fischt. Sind diese Beziehungen ermittelt, so kann man sich noch allerlei Gedanken über dieselben machen. Mit diesen beschäftige ich mich aber nicht. Meine Aufgabe ist *keine philosophische*, sondern eine rein *methodologische*. Man soll auch nicht denken, daß ich die vulgären auf guter empirischer Grundlage instinktiv entwickelten Begriffe: Subjekt, Objekt, Empfindung u. s. w., angreifen oder gar abschaffen will. Mit diesem praktisch zureichenden Nebel ist aber methodologisch nichts anzufangen; da muß vielmehr untersucht werden, *welche* funktionalen Abhängigkeiten der Merkmale des Gegebenen voneinander zu diesen Begriffen gedrängt haben, wie es hier geschehen ist. Kein schon erworbenes Wissen soll weggeworfen, sondern erhalten und *kritisch* verwertet werden.

In unserer Zeit finden sich wieder Naturforscher, welche nicht ganz in der Spezialforschung aufgehen, sondern nach allgemeineren Gesichtspunkten

ihre einfachste durchsichtigste Form zu bringen und dieselben eben dadurch als *Scheinprobleme* leicht erkennbar zu machen.

suchen. Höffding nennt sie, um sie zweckentsprechend von den eigentlichen Philosophen zu scheiden, „philosophierende Naturforscher“. Wenn ich zunächst zwei derselben, Ostwald und Haackel, nenne, so steht vor allem deren hervorragende fachliche Bedeutung ganz außer Frage. In Bezug auf die allgemeine Orientierung muß ich die beiden Genannten als Strebengenossen ansehen und hochschätzen, wenn ich ihnen auch nicht in allen Punkten zustimmen kann. In Ostwald verehere ich außerdem einen mächtigen und erfolgreichen Streiter gegen die Erstarrung der Methode, in Haackel einen aufrechten, unbestechlichen Kämpfer für Aufklärung und Denkfreiheit. Wenn ich nun mit einem Wort sagen soll, nach welcher Richtung ich von diesen beiden Forschern mich am meisten entferne, so ist es dies: Mir erscheint die *psychologische* Beobachtung als eine ebenso wichtige und fundamentale Erkenntnisquelle, wie die *physikalische* Beobachtung. Von der Gesamtforschung der Zukunft wird wohl gelten, was Hering einmal (Zur Lehre vom Lichtsinn, Wien 1878, S. 106) so treffend von der Physiologie gesagt hat, sie wird einem von zwei Seiten her (von der physischen und psychischen) zugleich durchgeführten *Tunnelbau* gleichen. Wie sich Hering auch sonst stellen mag, in diesem Punkte stimme ich ihm vollkommen bei. Das Streben, zwischen diesen beiden scheinbar so differenten Gebieten eine Brücke und eine homogene Auffassung beider zu finden, liegt in der ökonomischen Konstitution des Menschengehirns. Ich möchte auch nicht bezweifeln, daß bei zweckmäßiger Umformung der Begriffe dieses Ziel sowohl von der physischen wie von der psychischen Seite her zu erreichen ist, und nur dem unerreichbar scheint, der seit seiner Jugendzeit in starre instinktive oder konventionelle Begriffe eingeschnürt bleibt.

Wenn ich mich nicht täusche, so äußert sich auch in der eigentlich philosophischen Literatur, die mir ferner liegt, das Streben nach dem bezeichneten Ziel. Betrachte ich z. B. das Buch von G. Heymans (Einführung in die Metaphysik auf Grundlage der Erfahrung, 1905), so werden die meisten Naturforscher gegen dessen einfache und klare Ausführungen ebensowenig einzuwenden haben, wie gegen dessen schließlich erreichten Standpunkt, den „kritischen Psychomorphismus“; nur daß vielleicht stark materialistische Denker sich noch vor dem *Namen* scheuen. Allerdings muß man fragen, wenn nach Heymans die Methode der Metaphysik ganz dieselbe ist, wie jene der Naturwissenschaft, nur auf ein weiteres Gebiet übertragen, wozu dann der Name, der seit Kant einen so fatalen Klang hat, und dem der Zusatz „auf Grundlage der Erfahrung“ zu widersprechen scheint? Endlich wäre zu erwägen, daß die Naturwissenschaft seit Newton gelernt hat, Hypothesen, Einschaltungen von x und y zwischen das *bekannte* Gegebene, nach ihrem wahren, geringen Wert einzuschätzen. Nicht die vorläufige Arbeitshypothese, sondern die Methode der *analytischen* Untersuchung ist es, was die Naturwissenschaft wesentlich fördert. — Wenn es nun einerseits sehr erfreulich

Indem das, was zu erforschen überhaupt keinen Sinn hat, aus-
geschieden wird, tritt das wirklich durch die *Spezialwissen-*
schaften Erforschbare um so deutlicher hervor: die *mannigfaltige,*
allseitige Abhängigkeit der Elemente voneinander. Gruppen
solcher Elemente können immerhin als Dinge (als Körper) be-
zeichnet werden. Es ergibt sich aber, daß ein *isoliertes* Ding
genau genommen nicht existiert. Nur die vorzugsweise Berück-
sichtigung auffallender, stärkerer Abhängigkeiten und die Nicht-
beachtung weniger merklicher, schwächerer Abhängigkeiten er-
laubt uns bei einer ersten vorläufigen Untersuchung die Fiktion
isolierter Dinge. Auf demselben graduellen Unterschiede der
Abhängigkeiten beruht auch der Gegensatz der Welt und des
Ich. Ein *isoliertes* Ich gibt es ebensowenig, als ein isoliertes
Ding. *Ding* und *Ich* sind provisorische Fiktionen gleicher Art.

11. Unsere Betrachtung bietet dem Philosophen sehr wenig
oder nichts. Sie ist nicht bestimmt *ein* oder *7* oder *9 Welt-*
rätsel zu lösen. Sie führt nur zur Beseitigung falscher, den
Naturforscher störender Probleme und überläßt der positiven
Forschung das Weitere. Wir bieten zunächst nur ein *negatives*
Regulativ für die naturwissenschaftliche Forschung, um welches
der Philosoph gar nicht nötig hat sich zu kümmern, namentlich
nicht derjenige, welcher schon sichere Grundlagen einer Welt-
anschauung kennt, oder doch zu kennen glaubt. Will also diese
Darlegung zunächst vom naturwissenschaftlichen Standpunkt be-
urteilt werden, so kann damit doch nicht gemeint sein, daß der
Philosoph nicht Kritik an derselben üben, sie nicht nach seinen
Bedürfnissen modifizieren oder nicht ganz verwerfen soll. Für
den Naturforscher ist es jedoch eine ganz sekundäre Angelegen-
heit, ob seine Vorstellungen in irgend ein philosophisches System
passen oder nicht, wenn er sich derselben nur mit Vorteil als
Ausgangspunkt der Forschung bedienen kann. Die Denk- und
Arbeitsweise des Naturforschers ist nämlich von jener des Philo-
sophen sehr verschieden. Da er nicht in der glücklichen Lage
ist, unerschütterliche Prinzipien zu besitzen, hat er sich gewöhnt,

und ermutigend ist, daß wir alle fast in derselben Richtung *suchen*, so
können doch andererseits die zurückbleibenden Differenzen jeden von uns
warnen, das *Gesuchte* nicht etwa für ein schon *Gefundenes* oder gar für eine
allein seligmachende Lehre zu halten.

auch seine sichersten, bestbegründeten Ansichten und Grundsätze als provisorisch und durch neue Erfahrungen modifizierbar zu betrachten. In der Tat sind die größten Fortschritte und Entdeckungen nur durch dieses Verhalten ermöglicht worden.

12. Auch dem Naturforscher kann unsere Überlegung nur ein *Ideal* weisen, dessen annähernde allmähliche Verwirklichung der Forschung der Zukunft vorbehalten bleibt. Die Ermittlung der direkten Abhängigkeit der Elemente voneinander ist eine Aufgabe von solcher Komplikation, daß sie nicht auf einmal, sondern nur schrittweise gelöst werden kann. Es war viel leichter erst ungefähr und in rohen Umrissen die Abhängigkeit ganzer *Komplexe* von Elementen (von Körpern) voneinander zu ermitteln, wobei es sehr vom Zufall, vom praktischen Bedürfnis, von früheren Ermittlungen abhing, *welche* Elemente als die wichtigeren erschienen, auf welche die Aufmerksamkeit hingelenkt wurde, *welche* hingegen unbeachtet blieben. Der einzelne Forscher steht immer mitten in der Entwicklung, muß an die unvollkommenen von den Vorgängern erworbenen Kenntnisse anknüpfen, und kann dieselben nur seinem Ideal entsprechend vervollständigen und korrigieren. Indem er die Hilfe und die Fingerzeige, welche in diesen Vorarbeiten enthalten sind, dankbar für seine eigenen Unternehmungen verwendet, fügt er oft unvermerkt auch Irrtümer der Vorgänger und Zeitgenossen den eigenen hinzu. Die Rückkehr auf den vollkommen naiven Standpunkt, wenn sie auch möglich wäre, würde für jenen, der sich von Ansichten der Zeitgenossen ganz frei machen könnte, neben dem Vorteil der Voraussetzungslosigkeit auch deren Nachteile bedingen: die Verwirrung durch die Komplikation der Aufgabe und die Unmöglichkeit, eine Untersuchung zu *beginnen*. Wenn wir also heute scheinbar auf einen *primitiven* Standpunkt zurückkehren, um die Untersuchung von neuem auf besseren Wegen zu führen, so ist dies eine *künstliche* Naivität, welche die auf einem langen Kulturwege gewonnenen Vorteile nicht aufgibt, sondern im Gegenteil Einsichten verwendet, die eine recht hohe Stufe des physikalischen, physiologischen und psychologischen Denkens voraussetzen. Nur auf einer solchen ist die Auflösung in die „Elemente“ denkbar. Es handelt sich um Rückkehr zu den *Ausgangspunkten* der Forschung mit der vertieften und reicheren

Einsicht, welche eben die vorausgehende Forschung gezeitigt hat. Eine gewisse psychische Entwicklungsstufe muß erreicht sein, bevor die wissenschaftliche Betrachtung beginnen kann. Keine Wissenschaft kann aber die vulgären Begriffe in ihrer Verschwommenheit verwenden; sie muß auf deren Anfänge, auf deren Ursprung zurückgehen, um sie bestimmter, reiner zu gestalten. Sollte dies nur der Psychologie und der Erkenntnislehre verwehrt sein?

13. Wenn eine Mannigfaltigkeit vielfach voneinander abhängiger Elemente zu untersuchen ist, so steht uns zur Ermittlung der Abhängigkeiten nur *eine* Methode zur Verfügung: *die Methode der Variation*. Es bleibt uns nichts übrig, als die Veränderung eines jeden Elementes zu beobachten, welche an die Veränderung jedes anderen gebunden ist, wobei es einen geringen Unterschied macht, ob die letztere „von selbst“ eintritt oder durch unsern „Willen“ herbeigeführt wird. Die Abhängigkeiten werden durch „Beobachtung“ und „Experiment“ ermittelt. Selbst wenn die Elemente nur paarweise voneinander abhängig, von den übrigen aber unabhängig wären, würde eine systematische Erforschung dieser Abhängigkeiten schon eine recht mühsame Aufgabe sein. Eine mathematische Überlegung lehrt aber, daß bei Abhängigkeiten in Kombinationen zu 3, zu 4 u. s. w. Elementen die Schwierigkeit der planmäßigen Untersuchung sich sehr rasch zur praktischen Unersehbarkeit steigert. Jede vorläufige Außerachtlassung weniger auffallender Abhängigkeiten, jede Vorwegnahme der auffallendsten Zusammenhänge muß hier nach als eine wesentliche Erleichterung empfunden werden. Beide Erleichterungen sind unter dem Einfluß des praktischen Bedürfnisses, der Not und der psychischen Organisation zunächst *instinktiv* gefunden und nachher von den Naturforschern bewußt, geschickt und *methodisch* benützt worden. Ohne diese Erleichterungen, welche man immerhin als Unvollkommenheiten ansehen mag, hätte die Wissenschaft überhaupt nicht wachsen und entstehen können. Die Naturforschung hat Ähnlichkeit mit der Entwirrung kompliziert verschlungener Fäden, wobei der glückliche Zufall fast ebenso wichtig ist, als Geschicklichkeit und scharfe Beobachtung. Die Arbeit des Forschers ist ebenso aufregend, wie für den Jäger die Verfolgung eines wenig bekannten Wildes unter störenden Umständen.

Wenn man die Abhängigkeit irgend welcher Elemente untersuchen will, so tut man gut, Elemente, deren Einfluß unzweifelhaft ist, aber bei der Untersuchung störend empfunden wird, möglichst konstant zu halten. Darin besteht die erste und wichtigste Erleichterung der Forschung. Die Erkenntnis der Doppelabhängigkeit eines jeden Elementes von Elementen außerhalb U , und von Elementen innerhalb U , führt nun dazu, zunächst die Wechselbeziehung der Elemente außerhalb U zu untersuchen, und jene innerhalb U konstant, d. h. das beobachtende Subjekt unter möglichst gleichen Umständen zu belassen. Indem die Abhängigkeit des Leuchtens der Körper, oder ihrer Temperaturen, oder ihrer Bewegungen voneinander unter möglichst gleichen Umständen *dasselben*, oder auch *verschiedener* an der Beobachtung teilnehmender Subjekte untersucht wird, befreien wir die Kenntnis des *physikalischen* Gebietes nach Möglichkeit von dem Einfluß unseres individuellen Leibes. Die Ergänzung hierzu bildet die Erforschung der U überschreitenden und innerhalb U liegenden *physiologischen* und *psychologischen* Abhängigkeiten, welche aber nun durch die vorweg genommenen physikalischen Forschungen schon wesentlich erleichtert ist. Auch *diese* Teilung der Untersuchung hat sich *instinktiv* ergeben, und es handelt sich nur darum, dieselbe mit dem Bewußtsein ihres Vorteils *methodisch* festzuhalten. Für analoge Teilungen kleinerer Untersuchungsgebiete liefert die Naturforschung zahlreiche Beispiele.

14. Nach diesen einleitenden Bemerkungen wollen wir die Leit motive der Naturforschung näher in Augenschein nehmen. Hierbei machen wir keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wir wollen uns überhaupt vor verfrühtem Philosophieren und Systematisieren hüten. Wir wollen als aufmerksame Spaziergänger, das Gebiet der Naturforschung durchstreifend, das Verhalten des Naturforschers in seinen einzelnen Zügen beobachten. Wir fragen: Durch welche Mittel ist die Naturerkenntnis bisher tatsächlich gewachsen, und wie hat sie Aussicht, noch fernerhin zu gedeihen? Das Verhalten des Forschers hat sich in der praktischen Tätigkeit, im volkstümlichen Denken instinktiv entwickelt, und ist von diesem nur auf das wissenschaftliche Gebiet übertragen und zuletzt zu *bewußter Methodik* entwickelt worden. Wir werden

zu unserer Befriedigung nicht nötig haben, über das empirisch Gegebene hinauszugehen. Wenn wir die Züge in dem Verhalten des Forschers auf *tatsächlich* beobachtbare Züge unseres physischen und psychischen Lebens zurückführen können, welche sich auch im praktischen Leben, im Handeln und Denken der Völker wiederfinden, wenn wir nachweisen können, daß dieses Verhalten wirklich *praktische* und *intellektuelle* Vorteile herbeiführt, so wird uns dies genügen. Eine allgemeine Betrachtung unseres physischen und psychischen Lebens wird hierfür die natürliche Grundlage bilden.

Die leeren logischen Formen können die Sachkenntnis nicht ersetzen.¹⁾ Daß aber die Aufmerksamkeit auf das Denken als solches, die symbolische Darstellung der abstrakten Formen der Denkhandlungen keineswegs ganz wertlos ist, lehrt ein Blick auf die Algebra und die mathematische Zeichensprache überhaupt. Wer die betreffenden Denkhandlungen nicht ohne diese Hilfe auszuführen wüßte, dem würden diese Mittel allerdings nichts nützen. Wenn es sich aber um ganze Reihen von Denkopoperationen handelt, welche dieselben oder analoge Denkhandlungen in häufiger Wiederholung enthalten, dann liegt in der symbolischen Ausführung derselben eine bedeutende Entlastung der Denkarbeit und Aufsparung der Leistung für *wichtigere* neue Fälle, welche *nicht symbolisch* erledigt werden können. In der Tat haben die Mathematiker in der mathematischen Zeichensprache eine sehr wertvolle logische Symbolik für ihre Zwecke entwickelt. Die mathematischen Denkopoperationen sind von einer Mannigfaltigkeit, welche durch den Rahmen der einfachen klassifikatorischen aristotelischen Logik nicht umspannt werden kann. Es entwickelt sich auch auf dem Boden dieser Wissenschaft eine eigene umfassendere symbolische Logik,²⁾ deren Operationen sich keineswegs nur auf Quantitatives beschränken. Die Anfänge hiervon gehen bis auf Leibniz³⁾ zurück, und sind in Deutschland um die Mitte des abgelaufenen Jahrhunderts, wie es scheint, allein von Beneke⁴⁾ gepflegt worden. Nur Mathematiker wie H. Grassmann, Boole, E. Schroeder, A. W. Russell u. a. verfolgen wieder Leibnizische Wege.

¹⁾ Vgl. hingegen die reichen Anregungen bei einem Sachkundigen wie F. Mann (Die logischen Grundoperationen der Mathematik. Erlangen und Leipzig 1895).

²⁾ Boole, An investigation of the laws of thought. London 1854. — E. Schroeder, Algebra der Logik. Leipzig 1890—1895. — Russell, The principles of mathematics. Cambridge 1903.

³⁾ Couturat, La logique de Leibniz. Paris 1901.

⁴⁾ F. E. Beneke, System der Logik als Kunstlehre des Denkens. Berlin 1842. — Bs. Logik ist keine bloße formale Logik, sondern enthält wichtige psychologische Untersuchungen, die leider nicht in verdienter Weise beachtet worden sind.

Über Gedankenexperimente.¹⁾

1. Der Mensch sammelt Erfahrungen durch Beobachtung der Veränderungen in seiner Umgebung. Die für ihn interessantesten und lehrreichsten Veränderungen sind jedoch jene, welche er durch sein Eingreifen, durch seine willkürlichen Bewegungen beeinflussen kann. Diesen gegenüber hat er nicht nötig, sich rein passiv zu verhalten, er kann sie aktiv seinen Bedürfnissen anpassen; dieselben haben für ihn auch die größte ökonomische, praktische und intellektuelle Wichtigkeit. Darin ist der Wert des *Experimentes* begründet.

Wenn wir beobachten, wie ein Kind, welches die erste Stufe der Selbständigkeit erreicht hat, die Empfindlichkeit seiner eigenen Glieder prüft, wie es von seinem Spiegelbilde, oder von seinem eigenen Schatten im hellen Sonnenschein befremdet, durch Bewegungen die Bedingungen desselben zu ermitteln sucht, wie es sich im Werfen nach einem Ziele übt; so müssen wir sagen, daß die instinktive Neigung zum Experimentieren dem Menschen angeboren ist, und daß er ebenso die Grundmethode des Experimentis, die *Methode der Variation*, ohne viel nach denselben zu suchen, in sich vorfindet. Wenn diese Schätze dem Erwachsenen zeitweilig wieder abhanden kommen und sozusagen wieder neu entdeckt werden müssen, so wird dies dadurch verständlich, daß dieser meist für einen engeren Interessenkreis durch die Gesellschaft erzogen, in denselben gebannt ist und gleichzeitig eine Menge fertiger und vermeintlich über die Prüfung erhabener Ansichten, um nicht zu sagen Vorurteile, übernommen hat.

Der Intellekt kann beim Experimentieren in verschiedenem Grade beteiligt sein. Ich konnte dies beobachten, als ich vor

¹⁾ Teile dieses Artikels wurden schon publiziert in Poskes Zeitschr. f. physik. u. chem. Unterricht. 1897. Januarheft.

Jahren, von einer Lähmung der rechten Hand betroffen, vieles, was man sonst mit beiden Händen tut, mit einer Hand verrichten mußte, wenn ich nicht unausgesetzt von fremder Hilfe abhängig sein wollte. Indem ich die Bewegungen mit der Richtung auf ein bestimmtes Ziel, wohl auch planlos und ungestüm, variierte, befand ich mich bald ohne viel Nachdenken, nur durch Festhalten, Angewöhnen des Förderlichen, im Besitze einer Menge kleiner Erfindungen. So lernte ich das Aufschneiden der Bücher und anderes. Entschieden durch Nachdenken aber fand ich ein Verfahren mit Zirkel, Lineal und mit Hilfe eines Gewichtes, als Ersatz der zweiten Hand, geometrische Zeichnungen auszuführen, sowie alle jene Kunstgriffe, für welche die Bewegungen meiner Hand überhaupt nicht ausreichten. Es ist kaum zu zweifeln, daß die Grenze zwischen dem instinktiven und dem durch Denken geleiteten Experiment keine scharfe ist. Hauptsächlich Ergebnisse des ersteren sind wohl die meisten in die prähistorische Zeit zurückreichenden Erfindungen, welche, wie Spinnen, Flechten, Weben, Knotenschlingen u. s. w. den Eindruck des Tiefdurdachten machen und als deren biologische Vorläufer wir den Nestbau der Vögel und Affen ansehen können. Dieselben rühren wahrscheinlich größtenteils von Frauen her, und sind vermutlich halbspielerisch gewonnen worden, indem das zufällig sich ergebende Vorteilhafte oder Gefällige erst nachträglich mit Absicht festgehalten wurde. Ist einmal ein Anfang gemacht, so führt Denken und Vergleichung leicht zu vollkommeneren Versuchen.¹⁾

¹⁾ Recht zweckmäßige Mittel ergeben sich mitunter durch das bloße Probieren. Ich sah einem Dienstmädchen zu, welches einen großen Teppich unter einen schweren Speisetisch legen sollte, der von einer Person nicht getragen werden konnte. Im Augenblick stand der Tisch auf dem Teppich, ohne verschoben worden zu sein. Das Mädchen behauptete *nicht* nachgedacht zu haben. Der Teppich wurde fast ganz zusammengerollt vor den Tisch gelegt, der Tisch an dieser Seite gehoben, und während das aufgerollte Ende des Teppichs mit einem Fuße festgehalten wurde, erhielt die Rolle durch den andern Fuß einen Stoß, so daß sie unter den Tisch bis zur Gegenseite rollend sich aufwickelte. Eine analoge Prozedur an der andern Seite vollendete die Aufgabe. — Als ich, auf den Gebrauch einer Hand angewiesen, den Fenstervorhang aufziehen wollte, konnte dies wegen der Länge der Schnur nur in mehreren Absätzen geschehen. Plötzlich befand ich mich aber, ohne mit Bewußtsein und Absicht nachgedacht zu haben, im Besitze eines bequemeren Verfahrens. Meine Hand kletterte an der Schnur ein Stück in die Höhe, indem

2. Das Experiment ist nicht ausschließliches Eigentum des Menschen. Man kann auch Experimente der Tiere beobachten, und zwar in verschiedenen Stufen der Entwicklung. Die ungestümen Bewegungen eines Hamsters, die den Deckel einer Büchse, in welcher er Futter wittert, bei aller Planlosigkeit endlich doch zum Fallen bringen, stellen wohl die roheste Stufe vor. Interessanter sind schon die Hunde C. Lloyd Morgans, welche nach mehreren Versuchen einen Stock mit schwerem Knopf zu tragen, denselben nicht mehr in der Mitte, sondern nahe am schweren Ende (im Schwerpunkt) fassen, und ebenso nach fruchtlosen Anstrengungen den in der Mitte gefaßten Stock durch eine schmale Tür zu bringen, denselben an einem Ende packen und hindurchziehen. Diese Tiere zeigen aber dennoch wenig Fähigkeit, die Erfahrung eines Falles für den nächsten gleichartigen zu verwerten. Kluge Pferde sah ich durch Stampfen sorgfältig einen bedenklichen Steg untersuchen, und Katzen die Wärme der dargebotenen dampfenden Milch durch Eintauchen der Pfote erproben. Vom bloßen Prüfen durch die Sinnesorgane, dem Wenden der Körper, Wechsel des Standpunktes bis zu wesentlicher Änderung der Umstände, von der passiven Beobachtung zum Experiment, ist der Übergang ein ganz allmählicher.¹⁾ Was die Tiere vom Menschen hier unterscheidet, ist vor allem die *Enge des Interessenkreises*. Eine junge Katze untersucht neugierig ihr Spiegelbild, sieht wohl auch hinter dem Spiegel nach, wird aber sofort gleichgültig, sobald sie merkt, daß sie nicht mit einer körperlichen Katze zu tun hat. Das Turteltauben-Männchen erreicht nicht einmal diese Stufe. Es ist im stande, wie ich oft beobachtet habe, viertelstundlang vor seinem eigenen Spiegelbild zu gurren und Komplimente mit den zwei etikettmäßigen Schritten auszuführen, ohne die Täuschung zu merken. Welche Niveau-differenz! wenn man dann ein vierjähriges Kind beobachtet, welches spontan mit Verwunderung und Interesse bemerkt, daß sie die Schnur abwechselnd mit Daumen und Zeigefinger einerseits faßt, und dann wieder mit den drei übrigen Fingern umschlang. War die größtmögliche Höhe erreicht, so wurde die Schnur herabgezogen und die Operation wiederholt.

¹⁾ Der Hund meiner Schwester sprang einmal entsetzt über die Kälte des frisch gelüfteten Lagerkissens in die Höhe, prüfte seither immer dessen Temperatur mit der Pfote und wartete, bis es richtig zimmerwarm war.

eine zur Kühlung ins Wasser versenkte Weinflasche verkürzt erscheint. Ein anderes Kind in nahe gleichem Alter verwunderte sich über die stereoskopischen Erscheinungen, die sich beim zufälligen Schielen vor einer Tapete ergaben.¹⁾

Das durch Denken geleitete Experiment begründet die Wissenschaft, erweitert mit Bewußtsein und Absicht die Erfahrung. Man darf aber deshalb die Funktion von Instinkt und Gewohnheit im Experiment nicht unterschätzen. Man kann die Menge der Umstände, die bei einem Versuch mitspielen, unmöglich so gleich denkend überschauen. Wem die Fähigkeit fehlt, das Ungewöhnliche festzuhalten, und die Bewegungen der Hand dem Bedürfnis rasch anzupassen, wird schlechten Erfolg haben bei den Verrichtungen, welche die Vorstufe eines planmäßig eingeleiteten Experimentes begründen. Man experimentiert ganz anders auf einem Gebiete, mit dem man durch längere Beschäftigung vertraut geworden. Wenn man nach einer längeren Pause auf dieses Gebiet zurückkehrt, so kann man bemerken, wie das meiste von dem, was nicht begrifflich fixiert wurde, das feine Gefühl für die Bedeutung der Nebenumstände, die Geschicklichkeit der Hand, meist wieder neu erworben werden muß.

3. Außer dem physischen Experiment gibt es noch ein anderes, welches auf höherer intellektueller Stufe in ausgedehntem Maße geübt wird — das *Gedankenexperiment*. Der Projektmacher, der Erbauer von Luftschlössern, der Romanschreiber,²⁾ der Dichter sozialer oder technischer Utopien experimentiert in Gedanken. Aber auch der solide Kaufmann, der erste Erfinder oder Forscher tut dasselbe. Alle stellen sich Umstände vor, und knüpfen an diese Vorstellung die Erwartung, Vermutung gewisser Folgen; sie machen eine Gedankenerfahrung. Während aber die ersteren in der Phantasie Umstände kombinieren, die in Wirklichkeit nicht zusammentreffen, oder diese Umstände von Folgen begleitet denken, welche nicht an dieselben gebunden

¹⁾ Die Weite des Interessenkreises ist es vor allem, welche nach meiner Meinung die Überlegenheit der Intelligenz eines 3—4jährigen Kindes über jene des klügsten Tieres bedingt. Ich kann es kaum verstehen, wie jemand, der mit Kindern und Tieren verkehrt hat, an wirkliche Zahlbegriffe, an wirkliches Rechnen eines Pferdes denken kann. Vgl. die S. 72 erwähnte Schrift von Th. Zell.

²⁾ Vgl. E. Zola, *Le Roman expérimental*. Paris 1898.

sind, werden letztere, deren Vorstellungen gute Abbilder der Tatsachen sind, in ihrem Denken der Wirklichkeit sehr nahe bleiben. Auf der mehr oder weniger genauen unwillkürlichen Abbildung der Tatsachen in unseren Vorstellungen beruht ja die Möglichkeit der Gedankenexperimente. Wir können ja in der Erinnerung noch Einzelheiten finden, die wir bei unmittelbarer Beobachtung der Tatsache keiner Aufmerksamkeit gewürdigt haben. Wie wir in der Erinnerung einen Zug entdecken, der uns den bisher verkannten Charakter eines Menschen plötzlich entschleierte, so bietet uns das Gedächtnis auch neue bisher unbemerkte Eigenschaften von physikalischen Tatsachen, und verhilft uns zu Entdeckungen.

Unsere Vorstellungen haben wir *leichter* und bequemer zur Hand, als die *physikalischen* Tatsachen. Wir experimentieren mit den Gedanken sozusagen mit geringeren Kosten. So dürfen wir uns also nicht wundern, daß das Gedankenexperiment vielfach dem physischen Experiment vorausgeht, und dasselbe vorbereitet. So sind ja die physikalischen Untersuchungen des Aristoteles großenteils Gedankenexperimente, in welchen die in der Erinnerung und namentlich in der Sprache, aufbewahrten Erfahrungsschätze verwertet werden. Das Gedankenexperiment ist aber auch eine notwendige *Vorbedingung* des physischen Experimentes. Jeder Experimentator, jeder Erfinder muß die auszuführende Anordnung im Kopfe haben, bevor er dieselbe in die Tat übersetzt. Kennt Stephenson auch den Wagen, die Schienen, die Dampfmaschine aus Erfahrung, so muß er doch die Kombination des auf Schienen ruhenden, durch die Dampfmaschine getriebenen Wagens in Gedanken vorgebildet haben, bevor er an die Ausführung schreiten kann. Nicht minder muß Galilei die Anordnung zur Untersuchung der Fallbewegung in der Phantasie vor sich sehen, bevor er dieselbe verwirklicht. Jeder Anfänger im Experimentieren erfährt, daß ein ungenügender Voranschlag, Nichtbeachtung der Fehlerquellen u. s. w. für ihn nicht minder tragikomische Folgen hat, als das sprichwörtliche „Vorgetan und Nachbedacht“ im praktischen Leben.

4. Wenn die physische Erfahrung reicher geworden ist, und dieselben sinnlichen Elemente zahlreiche mannigfaltigere und dafür schwächere psychische Associationen gewonnen haben, so kann

das Spiel der Phantasie beginnen, in welchem über die wirklich eintretenden Associationen durch die ausschlaggebende momentane Stimmung, Umgebung und Gedankenrichtung entschieden wird. Wenn sich nun der Physiker fragt, was unter mannigfaltig kombinierten Umständen im möglichst *genauen Anschluß an die physische Erfahrung* zu erwarten ist, so kann dies natürlich nicht wesentlich neu und verschieden sein, von dem was die physische Einzelerfahrung bieten könnte. Indem der Physiker immer auf die Wirklichkeit reflektiert, unterscheidet sich ja seine Tätigkeit von der freien Dichtung. Aber der einfachste Gedanke des Physikers, welcher irgend eine physische sinnliche Einzelerfahrung betrifft, deckt diese nicht genau. Er enthält gewöhnlich weniger als die Erfahrung, welche derselbe nur schematisch nachbildet, zuweilen auch eine unabsichtliche Zutat. Die Umschau in der Erinnerung an die Erfahrungen und die Fiktion neuer Kombinationen von Umständen wird also darüber belehren können, wie genau die Erfahrungen durch die Gedanken dargestellt werden, und wie weit diese Gedanken untereinander *übereinstimmen*. Es handelt sich hier um einen logisch-ökonomischen Läuterungsprozeß, um Klärung des gedanklich geformten Inhalts der Erfahrungen. Welche Umstände bei einem Erfolg maßgebend sind, was zusammenhängt, welche Umstände voneinander unabhängig sind, wird durch eine solche Umschau viel klarer, als es durch die Einzelerfahrung werden kann. Es wird uns hierbei deutlich, auf welche Weise wir unsere Bequemlichkeit mit der Notwendigkeit, den Erfahrungen gerecht zu werden, vereinigen können, welche Gedanken die einfachsten sind, die zugleich mit sich selbst und mit der Erfahrung in umfassendster Weise in Übereinstimmung gebracht werden können. Dies erreichen wir durch *Variation der Tatsachen in Gedanken*.

Der Ausfall eines Gedankenexperimentes, die Vermutung, die wir an die in Gedanken variierten Umstände knüpfen, kann so bestimmt und verschieden sein, daß dem Autor — mit Recht oder Unrecht — jede weitere Prüfung durch das physische Experiment unnötig scheint.¹⁾ Je schwankender, unbestimmter aber

¹⁾ Mit Recht warnt Duhem (Théorie physique, S. 331) davor, Gedankenexperimente so darzustellen, als ob es physische Experimente wären, also *Postulate für Tatsachen* auszugeben.

dieser Ausfall ist, desto mehr drängt das Gedankenexperiment zu dem *physischen Experiment* als seiner natürlichen Fortsetzung, welche nun ergänzend, bestimmend einzugreifen hat. Auf Fälle der letzteren Art kommen wir noch zurück. Hier sollen zunächst einige Beispiele der ersteren Art betrachtet werden.

5. Umstände, die man in Bezug auf einen gewissen Erfolg als *einflußlos* erkannt hat, kann man in Gedanken beliebig variieren, ohne diesen Erfolg zu ändern. Man gelangt aber durch geschickte Handhabung dieses Verfahrens zu Fällen, welche auf den ersten Blick von dem Ausgangsfall wesentlich *verschieden scheinen*, also zur Verallgemeinerung der Auffassung. Stevin und Galilei üben dieses Verfahren meisterhaft bei ihrer Behandlung des Hebels und der schiefen Ebene. Auch Poinsot¹⁾ benutzt diese Methode in der Mechanik. Er fügt einem Kraftsystem *A* ein System *B* und *C* hinzu, wobei aber *C* so gewählt wird, daß es sowohl *A* als auch *B* das Gleichgewicht hält. Die Überlegung nun, daß es auf die Auffassung des Beschauers nicht ankommt, führt dazu, *A* und *B* als äquivalent zu erkennen, obgleich sie sonst sehr verschieden sein können. Huygens' den Stoß betreffende Entdeckungen beruhen auf Gedankenexperimenten. Von der Erkenntnis ausgehend, daß die Bewegung der umgebenden Körper für die Stoßenden so gleichgültig sei, wie der Standpunkt des Beschauers, ändert er diesen und die (relative) Bewegung der Umgebung. Er gelangt auf diese Weise, von dem einfachsten, spezielsten Fall ausgehend, zu bedeutenden Verallgemeinerungen. Ein Beispiel dieses Verfahrens bieten ferner die Betrachtungen der Dioptrik, wobei ein Strahl bald als diesem, bald als jenem Bündel von bekannten Eigenschaften angehörig *aufgefaßt* wird.

6. Auch die für einen Erfolg *maßgebenden* Umstände in Gedanken zu variieren ist nützlich, und am ergiebigsten ist die *kontinuierliche* Variation, welche uns eine vollständige Übersicht der möglichen Fälle verschafft. Es ist kein Zweifel, daß Gedankenexperimente dieser Art die größten Umwandlungen in unserem Denken herbeigeführt, und die bedeutendsten Forschungswege eröffnet haben. Wenn auch die Legende von Newtons

¹⁾ Poinsot, Éléments de Statique. 10me édit. Paris 1861.

fallendem Apfel, die Euler noch für richtig hält, nicht buchstäblich zu nehmen ist, so waren es doch Gedankenprozesse ganz ähnlich denjenigen, die Euler¹⁾ und auch Gruthuisen²⁾ so vortrefflich darzulegen weiß, welche allmählich von der Auffassung des Kopernikus zu jener Newtons übergeleitet haben, und die Elemente derselben lassen sich, wenn auch bei verschiedenen Personen, und in weit voneinander entlegenen Zeiten, sogar historisch nachweisen.

Der Stein fällt zur Erde. Lassen wir dessen Entfernung von der Erde wachsen. Wir müßten uns Gewalt antun, um diesem kontinuierlichen Wachstum eine Diskontinuität der Erwartung entgegenzusetzen. Auch in der Entfernung des Mondes wird der Stein nicht plötzlich sein Fallbestreben verlieren. Der große Stein fällt so wie der kleine. Der Stein werde so groß wie der Mond. Auch der Mond strebt zur Erde zu fallen. Der Mond möge wachsen bis er so groß wird, wie die Erde. Nun würde unsere Vorstellung die zureichende Bestimmtheit verlieren, wenn wir annehmen wollten, daß nur das eine zum andern gezogen wird, nicht aber umgekehrt. Die Anziehung ist also gegenseitig. Sie bleibt aber auch gegenseitig bei ungleichen Körpern, denn der eine Fall geht in den andern kontinuierlich über. Man sieht, daß hier nicht bloß logische Momente wirksam sind. Logisch wären die angedeuteten Diskontinuitäten ganz wohl denkbar. Aber wie unwahrscheinlich ist es, daß ihr Bestehen sich nicht durch irgend welche Erfahrung verraten hätte. Wir ziehen auch die Auffassung vor, die uns eine geringere psychische Anstrengung bereitet, wenn sie mit der Erfahrung vereinbar ist.

Ein Stein fällt *neben* dem andern. Der Mond besteht aus Steinen. Die Erde besteht aus Steinen. Jeder Teil zieht jeden andern an. Einfluß der Massen. Mond und Erde sind nicht wesentlich verschieden von anderen Weltkörpern. Die Gravitation ist allgemein. Die Keplersche Bewegung ist eine Wurfbewegung, aber mit von der Entfernung abhängiger Fallbeschleunigung. Die Fallbeschleunigung, auch die irdische, ist überhaupt von der Entfernung abhängig. Die Keplerschen Gesetze

¹⁾ Euler, *Lettres à une Princesse d'Allemagne*. London 1775.

²⁾ F. Gruthuisen, *Die Naturgeschichte im Kreise der Ursachen und Wirkungen*. München 1810.

sind nur ideale Fälle (Störungen). Hier tritt das begrifflich-logische Moment, die Forderung der Übereinstimmung der Gedanken mit sich selbst hervor.

Wie man sieht, ist die Grundmethode des Gedankenexperimentes, ebenso wie jene des physischen Experimentes, die Methode der *Variation*. Durch wenn möglich kontinuierliche Variation der Umstände wird das Geltungsbereich einer an dieselben geknüpften Vorstellung (Erwartung) erweitert; durch Modifikation und Spezialisierung der ersteren wird die Vorstellung modifiziert, spezialisiert, bestimmter gestaltet; und diese beiden Prozesse wechseln.

Galilei ist in dieser Art von Gedankenexperimenten Meister. Das Schweben spezifisch sehr schweren Staubes in der Luft und im Wasser klärt er auf, indem er einen Würfel durch drei Schnitte in 8 kleinere Würfel geteilt denkt, wobei das treibende Gewicht gleich bleibt, aber der Querschnitt und mit diesem der Widerstand verdoppelt wird, so daß letzterer bei mehrmaliger Wiederholung der Operation ungeheuer vergrößert wird. Ähnlich denkt sich Galilei ein Tier mit Beibehaltung der geometrischen Ähnlichkeit in allen Dimensionen gleichmäßig vergrößert, um zu zeigen, daß dieses unter seinem im kubischen Verhältnisse wachsendem Gewicht zusammenbrechen müßte, indem die Festigkeit der Knochen in einem viel geringeren Verhältnis steigt.

Das bloße Gedankenexperiment genügt oft, um eine nach dem Augenschein vermeintlich erschaute Regel ad absurdum zu führen. Wenn der Körper von größerem Gewicht wirklich die Eigenschaft hätte rascher zu fallen, so müßte nach Galilei die Verbindung eines schwereren mit einem leichteren Körper, wodurch ein noch schwererer Körper entsteht, wieder langsamer fallen, weil der schwerere Körper durch den leichteren verzögert würde. Die vermeintliche Regel ist also nicht haltbar, indem sie sich selbst widerspricht. Derartige Überlegungen spielen in der Wissenschaft eine große historische Rolle.

7. Betrachten wir einen andern Prozeß dieser Art. Körper von gleicher Temperatur ändern diese durch gegenseitige Einwirkung nicht. Der wärmere Körper *A* (eine glühende Eisenkugel) erwärmt den kälteren *B* (ein Thermometer) auch auf Distanz durch Strahlung, z. B. bei dem bekannten Versuch mit

den conaxialen Hohlspiegeln. Setzt man mit Pictet statt *A* ein Blechkästchen mit einer Kältemischung, so wird *B* abgekühlt. Das ist ein physisches Experiment, an welches Gedankenexperimente anknüpfen. Gibt es auch Kältestrahlen? Ist der neue Fall nicht derselbe, wie der vorige, nur daß *A* und *B* ihre Rolle getauscht haben? In beiden Fällen erwärmt der wärmere Körper den kälteren. Es sei *A* wärmer als *B*, die Temperaturen mögen dann gleich werden und endlich nehme *A* eine niedrigere Temperatur an als *B*. Welcher Körper strahlt in dem *Mittelfall* dem andern Wärme zu? Ändert sich das Verhalten der Körper plötzlich beim Durchgang durch die Temperaturgleichheit? Beide Körper strahlen unabhängig voneinander und nehmen unabhängig voneinander auf. Bewegliches Wärmegleichgewicht (Prevost). Verschiedene Körper von gleicher Temperatur strahlen nach den Versuchen Leslies und Rumfords ungleiche Wärmemengen aus. Soll das bewegliche Gleichgewicht fortbestehen, wie es in der Tat besteht, so muß der doppelt ausstrahlende auch doppelt aufnehmen.

Ein wichtiger Vorgang besteht darin, daß man einen oder mehrere Umstände, welche quantitativ auf ein Ergebnis Einfluß haben, in Gedanken quantitativ vermindert und schließlich *zum Verschwinden* bringt, so daß die übrigen Umstände als allein maßgebend angesehen werden. Es ist dieser Prozeß physisch oft nicht durchführbar, und man kann denselben daher als *Idealisierung* oder *Abstraktion* bezeichnen. Indem man sich den Bewegungswiderstand eines auf horizontaler Bahn angestoßenen Körpers, oder die Verzögerung eines auf wenig geneigter schiefer Ebene aufsteigenden Körpers, bis zum Verschwinden abnehmend denkt, kommt man zu der Vorstellung des ohne Widerstand gleichförmig bewegten Körpers. In Wirklichkeit kann dieser Fall nicht dargestellt werden. Deshalb bemerkt Apelt mit Recht, daß das Gesetz der Trägheit durch Abstraktion entdeckt worden sei. Das Gedankenexperiment, kontinuierliche Variation, hat aber hierzu geführt. Alle allgemeinen physikalischen Begriffe und Gesetze, der Begriff des Strahles, die dioptrischen Gesetze, das Mariottesche Gesetz u. s. w. werden durch Idealisierung gewonnen. Sie nehmen dadurch jene einfache und zugleich allgemeine, wenig bestimmte Gestalt an, welche es ermöglicht, eine

beliebige, auch kompliziertere Tatsache durch synthetische Kombination dieser Begriffe und Gesetze zu rekonstruieren, d. h. sie zu verstehen. Solche Idealisierungen sind bei den Carnotschen Betrachtungen der absolut nichtleitende Körper, die volle Temperaturgleichheit der sich berührenden Körper, die nicht umkehrbaren Prozesse, bei Kirchhoff der absolut schwarze Körper u. s. w.

8. Die unabsichtlich gewonnene instinktive rohe Erfahrung gibt uns wenig bestimmte Bilder der Welt. Sie lehrt uns z. B., daß die schweren Körper nicht von selbst aufwärts steigen, daß gleich warme Körper einander gegenübergestellt gleich warm bleiben u. s. w. Das scheint dürftig, ist aber dafür um so sicherer, steht auf sehr breiter Grundlage. Das planmäßig ausgeführte quantitative Experiment gibt viel reichere Einzelheiten. Die an dem letzteren geschulten quantitativen Vorstellungen gewinnen aber ihre sicherste Stütze, wenn wir sie zu jenen rohen Erfahrungen in Beziehung setzen. So paßt Stevin seine quantitativen Vorstellungen über die schiefe Ebene, und Galilei die seinigen über den Fall, jener Erfahrung über die schweren Körper durch mustergültige Gedankenexperimente an. Fourier wählt jene Strahlungsgesetze und Kirchhoff die Beziehung zwischen Absorption und Emission, welche zu der angeführten Wärmeerfahrung passen.

Durch solche versuchsweise Anpassung einer quantitativen Vorstellung an die verallgemeinerte Erfahrung über die schweren Körper (das Prinzip des ausgeschlossenen perpetuum mobile) findet S. Carnot seinen folgenreichen Wärmesatz, und stellt hiermit das großartigste Gedankenexperiment an. Seine Methode ist von unerschöpflicher Fruchtbarkeit geworden, seit James Thomson und William Thomson sich derselben zu bemächtigen wußten.

9. Von der Art und dem Ausmaß der aufgenommenen Erfahrung hängt es ab, ob ein Gedankenexperiment als solches mit einem bestimmten Ausfall zum Abschluß gebracht werden kann. Der kältere Körper nimmt von dem berührten wärmeren Körper Wärme auf. Ein schmelzender oder siedender Körper befindet sich in diesem Fall, wird aber hierbei doch nicht wärmer. Hiernach ist es für Black nicht zweifelhaft, daß die Wärme bei

Umwandlung eines Körpers in Dampf oder Flüssigkeit „latent“ wird. So weit reicht das Gedankenexperiment. Allein die *Quantität* der latenten Wärme kann Black nur durch ein physisches Experiment bestimmen, wenn dieses auch in der Form sogar sich an das Gedankenexperiment anschließt. Die Existenz des mechanischen Wärmeäquivalents enthüllt sich Mayer und Joule durch Gedankenexperimente. Den Zahlenwert muß Joule durch ein physisches Experiment ermitteln, während Mayer sogar diesen, sozusagen, aus *erinnerten* Zahlen abzuleiten vermag. Wenn ein Gedankenexperiment kein bestimmtes Ergebnis hat, d. h. wenn sich an die Vorstellung gewisser Umstände keine sichere eindeutig bestimmte Erwartung eines Erfolges knüpft, so pflegen wir in der Zeit zwischen dem intellektuellen und physischen Experiment uns aufs *Raten* zu verlegen, d. h. wir nehmen versuchsweise eine nähere zureichende Bestimmung des Erfolges an. Dieses Raten ist kein unwissenschaftliches Verfahren. Wir können vielmehr diesen natürlichen Vorgang an klassischen historischen Beispielen erläutern. Bei näherem Zusehen wird es uns sogar klar, daß dieses Raten oft allein dem physischen Experiment, der natürlichen Fortsetzung des Gedankenexperimentes, die *Form* zu geben vermag. Bevor Galilei die Fallbewegung experimentell untersucht, von welcher er durch Beobachtung und Überlegung nur weiß, daß die Geschwindigkeit *zunimmt*, verlegt er sich aufs Raten in Bezug auf die *Art* der Zunahme. Durch die Prüfung der Folgerungen aus der Annahme wird sein Experiment erst möglich. Es liegt dies daran, daß der analytische Schluß von dem Fallraumgesetz auf das bedingende Geschwindigkeitsgesetz schwieriger war als der umgekehrte synthetische Schluß. Häufig ist ja der analytische Vorgang, wegen seiner Unbestimmtheit, sehr schwierig, und die Situation, in der sich Galilei befand, wiederholt sich bei den späteren Forschern noch oft. Auch die Richmannsche Mischungsregel ist erraten, und durch Experimente nachträglich bestätigt, ebenso die Sinusperiodizität des Lichtes und viele andere wichtige physikalische Auffassungen.

10. Die Methode, den Erfolg einer Versuchsanordnung erraten zu lassen, hat auch einen hohen *didaktischen* Wert. Ich hatte als Gymnasiast durch kurze Zeit einen ausgezeichneten Lehrer,

H. Philipp, der durch dieses Verfahren die Aufmerksamkeit aufs höchste zu spannen wußte,¹⁾ und auch bei einem andern tüchtigen Schulmann, F. Pisko, habe ich bei Gelegenheit eines Besuches seiner Schule dasselbe Verfahren beobachtet. Nicht nur der Schüler, sondern auch der Lehrer gewinnt ungemein durch diese Methode. Letzterer lernt hierbei seine Schüler besser als auf eine andere Weise kennen. Während einige auf das nächstliegende Wahrscheinlichste raten, vermuten andere ungewöhnliche wunderbare Erfolge. Meist wird auf das geläufige, *associativ* Naheliegende geraten. So wie der Sklave in Platons „Menon“ glaubt, daß die Verdopplung der Quadratseite auch die Quadratfläche verdoppelt, wird man von dem Elementarschüler leicht hören, daß die Verdopplung der Pendellänge auch die Schwingungsdauer verdoppelt, und der Fortgeschrittene wird weniger auffallende, aber analoge Mißgriffe machen. Durch solche Mißgriffe wird aber das Gefühl für die Unterschiede des *logisch*, *physisch* und *associativ Bestimmten* oder Naheliegenden geschärft, man lernt endlich das *Erratbare* von überhaupt *nicht Erratbarem* unterscheiden. Die hier getrennt beschriebenen Prozesse, und die hierbei unterschiedenen Fälle, kommen bei der denkenden Überlegung in reicher Abwechslung nacheinander, wohl auch zugleich kombiniert vor. Hält man sich gegenwärtig, wieviel die Erinnerung beim Aufbau des Wissens leistet, so wird Platons Ansicht verständlich, welcher meinte, daß alles Nachforschen und Erlernen nichts sei, als ein Erinnern (an ein früheres Leben). Allerdings enthält diese Ansicht neben einer bedeutenden Übertreibung gewisser Momente eine ebenso große Unterschätzung anderer. Auch jede gegenwärtige Einzelerfahrung kann sehr wichtig sein, und wenn wir auch das frühere Leben, nach moderner Auffassung die Stammesgeschichte, welche dem Leib ihre Spuren aufgeprägt hat, nicht für nichts achten, so ist doch noch viel wichtiger die *individuelle* Erinnerung an das *gegenwärtige* Leben.

11. Das Experimentieren in Gedanken ist nicht nur für den Forscher von Beruf wichtig, sondern auch der psychischen Ent-

¹⁾ Leider verdarb sich dieser geniale Didaktiker fast seinen ganzen Erfolg durch seine mangelhafte Pädagogik, durch seine beispiellose Ungeduld.

wicklung überhaupt sehr förderlich. Wie wird dasselbe eingeleitet? Wie kann es sich zu einer mit Absicht, Bewußtsein und Verständnis gebrauchten Methode entwickeln? So wie jede Bewegung, bevor dieselbe eine willkürliche werden konnte, zufällig als Reflexbewegung eintreten mußte, so kommt es auch hier darauf an, daß einmal durch *passende* Umstände ein *unabsichtliches* Variieren der Gedanken eingeleitet werde, damit dieses durchschaut, und zu einer *bleibenden* Gepflogenheit werde. Dies geschieht am natürlichsten durch das *Paradoxe*. Nicht nur lernt man durch das Paradoxe am besten die Natur eines Problems fühlen, welches ja eben durch den paradoxen Gehalt zu einem Problem wird, sondern die widerstreitenden Elemente lassen auch die Gedanken nicht mehr zur Ruhe kommen, und lösen eben den Prozeß aus, den wir als Gedankenexperiment bezeichnen haben. Man denke nur an eine der bekannten Vexierfragen, die man zum ersten Male hört. In ein auf der Wage äquilibrirtes Gefäß mit Wasser wird ein von einem besonderen Ständer getragenes Gewicht eingetaucht. Sinkt die Wagschale oder nicht? Eine Fliege sitzt in einem verschlossenen äquilibrirten Kochfläschchen. Was geschieht, wenn sie auffliegt und im Innern des Fläschchens sich schwebend erhält? Oder man denke an einen wichtigen historischen Fall, den paradoxen Gegensatz, die scheinbare Unvereinbarkeit des Carnotschen und des Mayerschen Wärmesatzes; man denke an die Beziehungen der chromatischen Polarisation zur Interferenz, welche bei vielfacher Übereinstimmung doch wieder unvereinbar schienen. Die verschiedenen Erwartungen, welche sich an die einzelnen in verschiedenen Fällen vereinigten Umstände knüpfen, müssen notwendig beunruhigend und eben dadurch auch klärend und fördernd wirken. Clausius und W. Thomson haben in dem einen, Young und Fresnel in dem andern Falle die Wirkung des Paradoxen empfunden. Durch die Analyse fremder und eigener Arbeiten kann sich jeder überzeugen, wie aller Erfolg und Mißerfolg hauptsächlich davon abhängt, ob an *paradoxen* Punkten die *ganze* Kraft angewendet wurde oder nicht.

12. Die eigentümliche kontinuierliche Variation, welche in einigen der zuvor betrachteten Gedankenexperimente auftritt, erinnert lebhaft an die kontinuierliche Änderung der Gesichts-

phantasmen, welche J. Müller¹⁾ so schön beschrieben hat. Man wird finden, daß entgegen der Ansicht Müllers die kontinuierliche Änderung der Gesichtphantasmen ganz wohl mit den Associationsgesetzen vereinbar ist, ja zum Teil geradezu als eine Erinnerungserscheinung, Nachahmung der perspektivischen Wandlung der Bilder, aufgefaßt werden kann. Wenn das Auftreten von Tonfolgen, Melodien und Harmonieen in der Phantasie nicht befremdet, und den Associationsgesetzen nicht widersprechend gefunden wird, so wird es sich wohl mit den Gesichtphantasmen ebenso verhalten. Das spontane hallucinatorische Element soll in allen diesen Fällen nicht in Abrede gestellt werden. Eigenleben der Organe und Anregung durcheinander, Erinnerung, wirken hier wohl zusammen. Übrigens ist zwischen Hallucination und schöpferischer Phantasie der Künstler und Forscher doch noch zu unterscheiden. In der Hallucination mögen sich die Bilder an einen grob sinnlichen Erregungszustand anschließen, bei der schöpferischen Phantasie gruppieren sie sich um einen herrschenden hartnäckig wiederkehrenden Gedanken. Daß das Phantasieren des Künstlers der Hallucination näher steht als jenes des Forschers wurde schon bemerkt.²⁾

13. Es ist kaum zu zweifeln, daß das Gedankenexperiment nicht nur im Gebiete der Physik, sondern in allen Gebieten von Wichtigkeit ist, selbst dort, wo der Fernstehende es am wenigsten vermuten würde, in der Mathematik. Euler mit seiner Forschungsweise, mit deren Fruchtbarkeit die Kritik keineswegs gleichen Schritt hält, macht ganz den Eindruck eines Experimentators, der

¹⁾ J. Müller, Die phantastischen Gesichtserscheinungen. Koblenz 1826.

²⁾ Ohne übrigens den Wert der Associationsgesetze für die Psychologie zu unterschätzen, kann man doch deren ausschließliche Geltung mit Recht bezweifeln. Es gibt im Nervensystem neben den vom Individuum erworbenen temporären organischen Verkehrswegen auch angeborene bleibende (wenigstens nicht vom Individuum erworbene), wie die Reflexbewegungen lehren, und letztere sind sogar für die nichtindividuellen Funktionen viel wichtiger. Ein Prozeß kann in einem Organ von einem Nachbarorgan aus auf den beiden genannten Wegen eingeleitet werden, wahrscheinlich aber unter Umständen auch spontan in dem Organ auftreten. Ist der Prozeß besonders energisch, so wird er sich vermutlich vom Ursprungsorte auf *allen* zu Gebote stehenden Wegen ausbreiten. Es scheint mir, daß alles dies sein psychisches Gegenbild haben müßte.

ein neues Gebiet zum erstenmal sondiert. Auch wenn die Darstellung einer Wissenschaft rein deduktiv ist, darf man sich durch die Form nicht täuschen lassen. Wir haben es hier mit einer Gedankenkonstruktion zu tun, welche an die Stelle der vorausgegangenen Gedankenexperimente getreten ist, *nachdem* der Erfolg derselben dem Autor vollkommen bekannt und geläufig war. Jede Erklärung, jeder Beweis, jede Deduktion ist ein Ergebnis dieses Vorganges.

Die Geschichte der Wissenschaft läßt keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die Mathematik, Arithmetik und Geometrie, aus der zufälligen Aufsammlung einzelner Erfahrungen an zählbaren und meßbaren körperlichen Objekten sich entwickelt hat. Indem nun die physischen Erfahrungen in Gedanken oft und oft gegeneinander gehalten wurden, ergab sich erst die Einsicht in deren Zusammenhang. Und jedesmal, so oft uns diese Einsicht momentan nicht gegenwärtig ist, hat unser mathematisches Wissen den Charakter einmal erworbener Erfahrung. Auch wird jeder, der einmal forschend Mathematik getrieben oder Aufgaben gelöst, die Integration einer Gleichung versucht hat, zugeben, daß Gedankenexperimente der definitiven Gedankenkonstruktion vorgehen. Die historisch wichtige und fruchtbare „Methode der unbestimmten Koeffizienten“ ist eigentlich eine experimentelle Methode. Nachdem die Reihen für $\sin x$, $\cos x$, e^x gefunden waren, ergaben sich durch den Versuch, die symbolischen Ausdrücke für e^{ix} und e^{-ix} in Reihenform zu entwickeln, wie von selbst die Ausdrücke

$$\cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2}, \quad \sin x = \frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i},$$

welche lange eine bloß symbolische, aber rechnerisch gut verwertbare Bedeutung behielten, bevor man deren eigentlichen Sinn anzugeben vermochte.

Wer einen Kreis beschreibt bemerkt, daß zu jedem von einer bestimmten Anfangslage nach links geschwenktem Radius ein gleich viel nach rechts geschwenkter Radius existiert, daß der Kreis in Bezug auf jene willkürliche Anfangslage, also allseitig symmetrisch ist. Jeder Durchmesser ist eine Symmetrale; alle von demselben halbierten Sehnen, auch jene von der Länge Null, die Tangente, stehen auf demselben senkrecht. Zwei gegen

die Symmetrale gleich geschwenkte Durchmesser bezeichnen mit ihren Enden immer die Ecken eines symmetrisch einschreibbaren Rechteckes. Mit Überraschung mag der antike Forscher oder mancher moderne Anfänger so erfahren haben, daß der Winkel im Halbkreis immer ein rechter ist. Einmal auf die Beziehung von Zentri- und Peripheriewinkel aufmerksam, entdeckt man durch Bewegung des Scheitelpunktes in der Peripherie, daß von jedem Punkte derselben derselbe Bogen unter gleichem Gesichtswinkel erscheint, was auch dann noch gilt, wenn der Scheitel von außen oder innen bis an das Ende des Kreisbogens rückt. Der eine Schenkel des Peripheriewinkels wird hierbei zur Sehne, der andere zur Tangente an dem Endpunkte des Bogens. Der Satz, betreffend die Proportionalität der Abschnitte zweier von einem Punkt durch den Kreis gezogener Sekanten, geht in den entsprechenden Tangentensatz über, wenn man die beiden Durchschnittspunkte der einen Sekante gegeneinander rücken und zusammenfallen läßt. Je nachdem man sich den Kreis mit dem Zirkel beschrieben, oder durch einen starren Winkel mit stets durch zwei feste Punkte geführten Schenkeln erzeugt denkt, oder darauf achtet, daß zwei Kreise *immer* als ähnlich und ähnlich liegend angesehen werden können, ergeben sich immer neue Eigenschaften. Die Veränderung, Bewegung der Figuren, kontinuierliche Deformation, Verschwindenlassen und unbegrenzte Vergrößerung einzelner Elemente sind auch hier die Mittel, welche die Forschung beleben, neue Eigenschaften kennen lehren und die Einsicht in deren Zusammenhang fördern. Man muß wohl annehmen, daß gerade auf diesem so einfachen fruchtbaren und leicht zugänglichen Gebiet die *Methode des physischen* und des *Gedankenexperimentes* sich zuerst entwickelt und von da aus auf die Naturwissenschaften übertragen hat. Diese Ansicht wäre gewiß viel populärer, wenn der elementarmathematische Unterricht, namentlich der geometrische, sich nicht vorzugsweise in so starren dogmatischen Formen bewegen, wenn der Vortrag nicht in einzelnen abgerissenen Sätzen fortschreiten würde, wobei die *Kritik* in so monströser Weise hervorgekehrt und die *heuristischen* Methoden in so unverantwortlicher Art verdeckt werden. Die große scheinbare Kluft zwischen Experiment und Deduktion besteht in Wirklichkeit nicht.

Immer handelt es sich um ein Zusammenstimmen der Gedanken mit den Tatsachen und der Gedanken untereinander. Zeigt ein Versuch nicht den erwarteten Ausfall, so mag das für den Erfinder oder für den konstruierenden Techniker sehr nachteilig sein, der Forscher wird darin nur den Beweis erblicken, daß seine Gedanken den Tatsachen nicht genau entsprechen. Gerade eine solche sich deutlich aussprechende Inkongruenz kann zu neuen Aufklärungen und Entdeckungen führen.

14. Der enge Anschluß des Denkens an die Erfahrung baut die moderne Naturwissenschaft. Die Erfahrung erzeugt einen Gedanken. Derselbe wird fortgesponnen, und wieder mit der Erfahrung verglichen und modifiziert, wodurch eine neue Auffassung entsteht, worauf der Prozeß sich aufs neue wiederholt. Eine solche Entwicklung kann mehrere Generationen in Anspruch nehmen, bevor sie zu einem relativen Abschluß gelangt.

Man hört häufig sagen, das Forschen könne nicht gelehrt werden. Dies ist auch in gewissem Sinne richtig. Die Schablonen der *formalen* und auch der *induktiven* Logik können nicht viel nützen, denn die intellektuellen Situationen wiederholen sich nicht genau. Aber die Beispiele der großen Forscher sind sehr anregend, und Übung im Experimentieren in Gedanken nach dem Muster derselben, wozu hier eine kleine Anleitung gegeben wurde, ist gewiß sehr förderlich. Die späteren Generationen haben auch wirklich auf diese Weise eine Förderung der Forschung erfahren, denn Aufgaben, welche früheren Forschern große Schwierigkeiten bereitet haben, werden jetzt mit Leichtigkeit gelöst.

Das physische Experiment und dessen Leitmotive.

1. Das Experiment kann als die *selbsttätige* Aufsuchung neuer Reaktionen, bzw. neuer Zusammenhänge derselben bezeichnet werden. Das physische Experiment haben wir schon als die natürliche Fortsetzung des Gedankenexperimentis kennen gelernt, welche überall da eintritt, wo eine Entscheidung durch ersteres zu schwierig, oder zu unvollständig, oder unmöglich ist. Auch eine gelegentliche auffallende Beobachtung kann instinktiv zu einem besonderen motorischen Verhalten Anlaß geben, durch welches wir zur Kenntnis neuer Reaktionen oder deren Zusammenhänge gelangen. Solche Fälle können wir an Tieren und bei genügender Aufmerksamkeit auch an uns selbst wahrnehmen. Wir können in solchen Fällen von einem instinktiven Experimentieren sprechen. Wenn aber eine zufällige Beobachtung uns in ungewöhnlicher Weise an einen bereits bekannten Zusammenhang *erinnert*, noch mehr aber, wenn dieselbe zu dem Bekannten oder Gewohnten in auffallendem *Gegensatz* steht, werden durch dieselbe *Gedanken* suggeriert, welche als das eigentlich *Treibende* in dem nun folgenden physischen Experiment angesehen werden können. Unter den zahlreichen Fällen dieser Art erinnern wir an Galileis schwingende Lampe, an Grimaldis farbige, den Schatten säumende Streifen, an Boyles und Hookes Farben der Seifenblasen und feiner Sprünge im Glase. Wir erinnern ferner an Galvanis Frosch, an Aragos Dämpfung der schwingenden Magnetnadel durch eine Kupferscheibe, an seinen Fund der chromatischen Polarisation, an Faradays Entdeckung der Induktion u. s. w. Jeder Experimentator wird aus seiner Erfahrung solche Beispiele anführen können, wenn auch nur wenige historisch so wichtig und folgenschwer geworden sind, wie die angeführten. Meine Untersuchungen über