

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della
Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 133 (1953)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

A.

Wissenschaftlicher Teil

**Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten
und Hauptvorträge**

Vorträge, gehalten in den Sektionssitzungen

Partie scientifique

**Discours d'introduction du Président annuel
et Conférences principales**

Communications faites aux séances de sections

Partita scientifica

**Discorso inaugurale del Presidente annuale
e Conferenze principali**

Comunicazioni fatte alle sedute delle sezioni

Leere Seite
Blank page
Page vide

Discorso di apertura del presidente annuale della S.E.S.N.

in occasione della 133^a Assemblea generale a Lugano, 5 settembre 1953

Cons. di Stato Dott. BRENNO GALLI

Chiamato dalla vostra benevolenza a presiedere e aprire i lavori di questo congresso della Società svizzera di scienze naturali, siano le mie prime parole quelle del saluto cordiale e del più caldo benvenuto: possano le giornate luganesi rimanere nella vostra memoria, oltre che apportatrici di frutti fecondi alle vostre conoscenze, oltre che seminagione propizia di alti entusiasmi, oltre che incontro d'animi e di spiriti illuminati, anche e soprattutto pegno di fraterna amicizia: se è vero che il culto delle scienze e delle arti e del pensiero non tenda tanto ad isolare individualità spiccate quanto a creare legami indissolubili e preziosi

Il mio saluto vada ai conferenzieri, che con le loro relazioni presiedono al tono dei vostri lavori coll'autorità della loro fama, del riconoscimento di cui godono nel mondo civile: a loro vada, col saluto, il vostro e il mio ringraziamento.

E il mio saluto va alla Società ticinese di scienze naturali, ai suoi dirigenti, che hanno organizzato questo convegno, ai suoi membri che tengono alto nel cantone il nome, lo spirito delle scienze.

E il mio saluto vada, oltre ai confini di questa sala, a tutti coloro che, sdegnosi delle facili e brillanti affermazioni attorno alle quali si polarizza, nella nostra come in altre epoche, più spesso l'attenzione e l'applauso della folla, si chinano per amor di sapere sulla vita pulsante degli uomini, sulla vita dei regni della terra, sui rapporti e le leggi che reggono la materia, merito acquistando e conoscenza.

Siete ospiti d'un piccolo paese che non vuole e non può essere estraneo alla vita dello spirito e pone alte le proprie ambizioni, sovente con provinciale disinvoltura: d'un paese il cui passato poco forse offre di quegli avvenimenti cui si suol destinare, nel libro della storia, l'onore d'un capoverso: profondamente radicato nella semplice vita della montagna e delle campagne, indulgente talora ai più comodi usi delle città cui la curiosità turistica e l'amore per le bellezze della natura sono apportatori di benessere. Siete ospiti d'un paese laborioso e fedele alle sue istituzioni, che nella semplicità e nella modestia dei costumi trova la sua salvezza e nella mancanza di ricchezze naturali la sua ragione di vita operosa. Siete ospiti d'un paese in cui la vita dello spirito è, per sua natura contingente, antilocale, in cui le curiosità dell'animo, se

appena si manifestino, solo al di là dei confini trovano materia e nutrimento, il cui destino, a cavallo dei colli alpini, è piuttosto di ricevere che di dare, d'assorbire e assimilare piuttosto che di creare e indicare ad altri, d'essere alla periferia degli avvenimenti e delle grandi correnti, ma di parteciparvi tuttavia con animo aperto e spirito vigile.

Privo di istituto universitario, il Ticino offre ai suoi intellettuali la necessità ch'io stimo fortunata d'aver altrove e in più vaste contrade il centro della istruzione superiore, pur curando in patria con dispendio di cui va orgoglioso quella istruzione primaria e media di cui nessuno è privo. Privo di centro universitario il Ticino affida ai propri scrittori, ai docenti, ai giornalisti, ai letterati la custodia della sua lingua e della sua cultura italiana al servizio del bene comune nella Confederazione e a coloro dei suoi figli che preferiscono la scarna lingua delle scienze o la ancor più universale lingua delle belle arti consegna l'altrettanto alta missione umanistica della sua presenza nel regno della ricerca.

E io amo pensare che tale sentimento e non solo l'omaggio alla società ticinese di scienze naturali, che domani in più ristretta e intima sede celebrerà il cinquantesimo della sua esistenza, vi abbia rese oggi familiari le nostre contrade, e il saluto ch'io vi porto non è solo quello dei ticinesi cultori delle scienze, poichè in tal caso invero male comprenderei d'esserne latore e non altri di me più in dimestichezza col centro dei vostri spirituali interessi, bensì dell'intero popolo ticinese, fiero di ospitarvi e di sentire la vostra operosa presenza fra le sue mura.

Il nostro cantone ha centocinquant'anni di vita autonoma e in questo invero breve scorcio di tempo ha dovuto non solo imparare a governarsi — scienza che l'amor di patria infuse negli spiriti eletti all'indomani della prima libertà politica — ma attraverso l'opera dei governanti assurgere a unità d'intenti, raggruppando attorno al nuovo simbolo del cantone sovrano le terre tradizionalmente divise dalle antiche diverse sudditanze e dalle nuove rivalità, e dare alla vita economica l'impulso che i tempi dettavano, e con poverissimi mezzi inserirsi nella grande corrente del progresso che chiedeva — e tuttora richiede — alla comunità sforzi immensi e sacrifici e rinunce.

La storia del Ticino nell'ultimo secolo è la storia della lotta contro la natura avara di pianure fertili, che dovettero in parte esser strappate brano a brano agli acquitrini, contro la natura avara di facili vie di comunicazione fra mondi più vasti, contro gli eventi che gli resero men facile e agevole la vita economica, costretta fra le Alpi — tremendo ostacolo da pochi decenni violato dall'ingegno dell'uomo e le frontiere, ostacolo ancor più tremendo, per la volontà degli uomini che in tutto il mondo delle frontiere sanno fare barriere di difesa e barricate d'offesa.

La storia del Ticino nell'ultimo secolo è la storia di infinite piccole e grandi vittorie sulle difficoltà che si frappongono allo sviluppo d'un paese povero, i cui abitanti son venuti perdendo l'abitudine e l'assuefazione alla povertà; è la cronaca di molte piccole e grandi sconfitte, il più delle volte dovute alla disunione degli animi, alla polemica degli

spiriti, alla acrimonia delle passioni: è in sostanza la cronaca dello sviluppo d'una popolazione che ricerca, come tutti i popoli del mondo che godono della libertà, la via ardua che conduce al bene, materiale e morale, e quella via segue senza ignorarne la durezza e le talora crude realtà.

E più mi compiaccio di richiamare alla vostra memoria, come già fecero in occasione delle vostre passate riunioni nel Ticino gli uomini cui venne concesso l'onore di presiedere al vostro convegno, gli sforzi grandissimi che i ticinesi seppero fare per munirsi di conoscenze e di cultura, per dotare ogni comune, spesso anche le più lontane e sperdute frazioni d'una scuola popolare, che nei diversi gradi dell'insegnamento elementare è riconosciuta e sentita dalla popolazione come un piccolo, modesto ma insopprimibile centro d'interessi spirituali: per creare nei distretti i ginnasi, avviamento ad un umanesimo di cui il Ticinese ha innato il gusto, per bastare a se medesimo con le scuole medie: liceo filosofico e scientifico, scuola cantonale di commercio, scuola tecnica superiore, scuola magistrale, la beniamina delle sue più attente cure, fucina di maestri che vivendo e imparando in patria la difficile arte dell'insegnare e guardando agli eterni spazi della cultura, sentono viva la missione loro affidata e la responsabilità del loro umanissimo compito, scuole professionali, di avviamento ai mestieri e scuole artigianali, e scuole specifiche per il tirocinio, per l'economia domestica, per il disegno che pure il Ticinese ha nel sangue, traccia indelebile della passata fioritura d'artigiani e d'artisti che portarono nel mondo intiero la maestria delle loro mani e l'incancellabile nostalgico sogno della terra madre.

Immensi i sacrifici finanziari, di cui il cantone sempre seppe andar fiero e che seppe non lesinare alle più lontane e sperdute località di montagna, assumendo direttamente l'onere maggiore, aiutando i comuni pur lasciando loro, nell'ambito dell'autonomia di cui tanto sono gelosi, la paterna vigilanza sugli istituti. Ma il Ticino sentì ben presto il bisogno non solo di vivere la sua modesta vita, ma di partecipare alla vita federale, portando la somma delle sue modeste esperienze e soprattutto il suo calore confederale: e ben presto sentì non essere frutto di vuota retorica il richiamo ad una sua missione nella Svizzera trina, che appunto dalla presenza del testimone d'una terza e nobilissima cultura, d'una terza e ancor più antica tradizione, si sentì compiuta nei suoi storici confini. I Ticinesi sentono la gravità del compito che la storia politica e l'evoluzione politica della Svizzera loro assegna: la difficoltà d'esser vicini alle fonti vive della loro lingua e di conservarne, coi costumi, col volto del paese, coi prodotti dello spirito, l'innata purezza: essi sanno che la Svizzera ha bisogno d'un Ticino schietto nelle sue tradizioni, italicamente vivo nella sua evoluzione culturale, nella elvetica fermezza e nell'amore per le libere istituzioni. Compito non facile, che rende nobilissimi gli sforzi per assolverlo e doverosi gli aiuti che la comprensione confederale non gli nega. Ma affinché la presenza delle tre lingue e delle tre grandi colture non si riduca a monologo di tre stirpi, affinché sul

piano politico e spirituale lo svizzero sia nutrito dei succhi più autorevoli delle sue popolazioni, affinchè lo sforzo medesimo di superare l'ostacolo dei diversi idiomi conferisca alla sua vita politica la sua perfetta intierezza, occorre che la conoscenza delle altre lingue vive nella nazione diventi regola costante, diventi abitudine dello spirito, diventi bisogno insopprimibile degli animi.

I Ticinesi dedicano all'imparar le lingue federali fin dalla prima infanzia anni di scuola, e se lamentano che reciprocità non sia data negli altri cantoni alla loro lingua, non devesi ritenere lo facciano per bisogno di farsi valere, per vezzo di querimonia, ma perchè, sentendosi essi medesimi ricchi della maggiore conoscenza, mal comprendono che altrettanto non avvenga ovunque, e ben sanno che non varrebbe chiedere alle leggi una imposizione che gli animi non fossero aperti a subire, e ben sanno che spetta alla comprensione di quello che potrebbe anche esser definito senza difficoltà un dovere civico svizzero preferire, nelle scuole dello Stato, le lingue dello Stato a quelle, pur indispensabili, che la posizione della Svizzera nei commerci e sulle vie del mondo fa assurgere a strumenti di lavoro quotidiano e di sviluppo e d'avvicinamento ai popoli lontani.

Il dovere d'ospitalità m'impone d'esser cauto nel servirvi del vostro tempo e della vostra cortese attenzione: la coscienza di non saper portare alla somma delle vostre esperienze e conoscenze se non la disadorna parola del laico: la certezza che il desiderio, che già qui vi condusse, d'udire la lezione dei conferenzieri, di scambiarsi, nei colloqui chiusi al non iniziato, il frutto dei vostri pazienti studi, si fa più vivo ed impaziente, mi dice il valore della brevità delle mie parole: permettetemi tuttavia un'ultima riflessione.

Fra le mie quotidiane preoccupazioni v'è e spesso primeggia quella di munirmi d'una visione d'assieme del problema della scuola, non intesa nella sua organica struttura o della sua adeguatezza ai bisogni medi del paese, sibbene nelle sue finalità e nei suoi scopi: non della scuola veicolo ma della scuola intesa come tendenza, come nozione del diritto d'imporre un insegnamento e come dovere di porgere alle generazioni l'armonica somma delle esperienze e delle conoscenze: della scuola formatrice di caratteri, di uomini onesti, di cittadini utili: della scuola centro d'affinamento, di ricerca, di perseguimento d'ideali.

E a voi, specialisti eccelsi nelle più diverse dottrine, oso dire senza timore, poichè so d'essere rettamente inteso, la mia profonda convinzione della imprescindibile necessità d'un ritorno, nell'insegnamento, a maggiore sintesi e a più serrata condensazione della conoscenza, a un senso di umanesimo che lasci minor posto e tempo alle nozioni più specificamente tecniche e maggior sviluppo alla meditazione, alla ricerca di una verità più umana nell'intimo dell'uomo che non fuori dell'uomo.

Parlo di scuola ma forse intendo più in là: della sfera sempre più esile di tempo e di spazio in cui l'uomo può muoversi libero, nella vita a lato a margine delle occupazioni e preoccupazioni del mestiere.

Fra la tendenza un tempo sovrana che riduceva l'insegnamento piuttosto alla capacità di ragionare, alla esercitazione dialettica e filosofica che nulla stimava utile all'infuori della ricerca del bene, della regola morale, della norma di vita, e la tendenza che spesso si impone, di porre al centro dell'attenzione la somma delle nozioni nei campi più vari, v'ha pure una zona media, in cui non si neghi alla meditazione la sua profonda verità e alla scienza delle cose il suo insostituibile valore.

E invece sempre più si fa assillante, nell'organizzazione della scuola il problema professionale, la precoce specializzazione, sia nell'uso delle mani, nel perseguimento d'una abilità pratica sempre più spiccata sia nella distinzione delle materie e già al fanciullo si dà insegnamento unilaterale fin dalla più giovane età, già lo si avvia a comprendere e ragionare in senso preordinato e predestinato, e sempre minore importanza assumono le talora poche superstiti materie generali, di coltura non applicata, di formazione non specifica, quelle insomma che unirebbero invece di distinguere.

L'animo dell'uomo medio è oggi più che mai su posizioni di difesa: la rapidità delle comunicazioni, il ritmo incalzante delle notizie che da tutto il mondo invadono la sua solitudine, la tragicità stessa dei tempi appena vissuti e l'inquietudine d'ogni giorno ne induriscono la insensibilità; una sordità fisiologica lo isola da quanto lo inquieti o lo disturbi e la sua evasione verso una tranquillante superficialità, verso più giocondi diversivi, verso il non pensare, il non dover pensare combatte l'angoscia che in lui insorge come un dolore muto e tutto vale a impedirgli di divenir lancinante, d'imporsi all'attenzione, di sommergere colla sua presenza non più ignorabile la pace cui intimamente aspira.

Le vie divergono: all'evasione nell'inerzia del pensiero si contrappone la ricerca, nell'intimo, d'una più serena conoscenza, che presuppone un'abitudine, un gusto formato, una volontà allenata, un bisogno di sintesi profonda: la fluidità del pensiero che sa misurare inseguendole nella meditazione le astrazioni serene a metà, è premio, è finalità compiuta.

L'amore per la natura suggerisce le vie maestre della ricerca piena di merito; lo studio delle scienze evade ben presto dal ristretto campo delle specialità e trova e crea; legami che danno del mondo e dei suoi fenomeni la misura umana: il grande sogno che portò Ulisse e i compagni «diretro al sol, nel mondo senza gente» rimanga vivo nel cuore degli uomini, ne faccia strumento di pace e di amor fraterno; non è questo il succo di vivere sapendo di vivere?

Radioaktive Isotopen

von

OTTO HUBER, Phys. Inst. Universität Fribourg.

Die Elektronenhülle eines freien Atomes stellt ein System von Elementarpartikeln (Elektronen) dar, das die folgenden fundamentalen Eigenschaften besitzt: Die Gesamtenergie des Systemes kann nur ganz bestimmte diskrete Werte annehmen. Die dazu gehörenden Bewegungszustände, die stationären Zustände sind charakterisiert durch bestimmte Quantenzahlen (Gesamtdrehimpuls, Parität). Die Gesamtheit der gemessenen Spektrallinien wird in bekannter Weise nach dem RITZschen Kombinationsprinzip durch Übergänge zwischen den Spektraltermen gegeben. In *Fig. 1* ist die von BALMER entdeckte Serie von Linien dargestellt, die von einem angeregten Wasserstoffatom emittiert werden. Die Analyse der Spektren war lange Zeit Hauptaufgabe der Physik, und nur durch systematische Forschung konnte der Weg freigelegt werden für die Erkenntnis des Aufbaues der Atomhülle.

Die quantenmechanische Behandlung des Systemes von Elektronen konnte nach Arbeiten von BOHR, PAULI, SOMMERFELD, SCHRÖDINGER, HEISENBERG und DIRAC in großartiger Weise diese Spektralterm darstellen. Der strengen wellenmechanischen Berechnung dieses Problem stehen allerdings mathematisch fast unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege. Man erhält aber eine gute Näherung, indem man annimmt, daß sich die Elektronen im bekannten elektrischen Zentralfeld des Kernes unabhängig bewegen. (Vernachlässigung der Wechselwirkung unter den Elektronen.) Diese Vereinfachung führt zum bekannten Schalenaufbau der Atomhülle: Man berechnet im Zentralfeld des Kernes die Terme eines einzelnen Elektrons, d. h. das Termschema des Wasserstoffatoms. Dann erhält man den Grundzustand eines vorgegebenen Atomes durch Besetzen dieser Zustände mit Elektronen nach den Vorschriften des PAULI-Prinzipes. Dieses von der Natur für Teilchen mit halbzahligen Eigendrehimpuls beobachtete Prinzip besagt, daß in einem Zustand, der durch bestimmt vorgegebene Werte der Quantenzahlen gekennzeichnet ist, sich nur ein Teilchen befinden kann. Dieses Verfahren führt zum Verständnis der Eigenschaften der Atome: z. B. wird das stabile Verhalten der Edelgase durch vollständige Besetzung energetisch benachbarter Niveaus (Schalen) in eindrucklicher Weise gedeutet. Allerdings lassen nur verfeinerte Näherungsmethoden das Termschema komplizierter

Atomhüllen verstehen. Man darf aber trotzdem behaupten, daß der Aufbau der Elektronenhülle prinzipiell geklärt ist.

Der Atomkern, das innerste kleinste Gebilde eines Atomes, besteht aus Protonen und Neutronen. Er stellt daher selbst noch einmal ein System von Partikeln dar, für welches dieselben quantentheoretischen Methoden gelten wie für die Atomhülle. Diejenigen Größen, die der Experimentalphysiker von den Atomkernen messen will, sind genau die gleichen wie bei der Atomhülle. Wir interessieren uns für den Grundzustand eines Kernes und seine angeregten Zustände, denn der Kern hat in analoger Weise ein Termschema wie die Atomhülle. In *Fig. 2* sind die Termschemata des Wasserstoffatoms und des Sauerstoffkernes dargestellt und die beobachteten Übergänge zwischen den Niveaus eingezeichnet. Der große Unterschied liegt lediglich in der Energiedifferenz der Terme, der bei diesen Beispielen gerade einen Faktor 10^6 ausmacht. Diese große Energiedifferenz bei den Kernen hat zur Vorstellung der Unzerstörbarkeit der Atomkerne geführt, und tatsächlich kann man

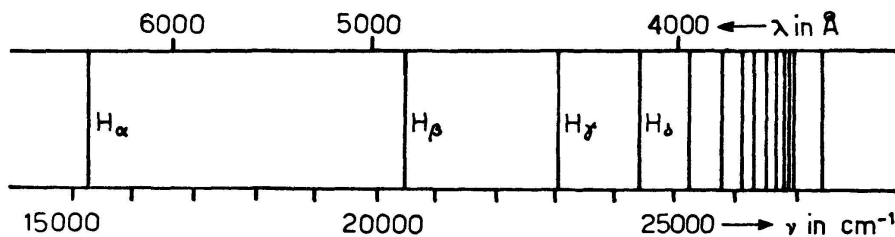


Fig. 1

Balmer Linien des Wasserstoffatoms

diese erst umwandeln, seitdem in den Hochspannungsmaschinen große Energien zur Verfügung stehen.

Die Daten der Kernbausteine (Nukleonen) sind in *Fig. 3* zusammengestellt. Ähnlich wie Elektronen, besitzen Protonen und Neutronen noch den Freiheitsgrad der Eigendrehung. Dieser mechanische Eigendrehimpuls (Spin) hat für beide Teilchen den Wert $\frac{1}{2}$. Man kann sich daher naiv vorstellen, daß sie bestimmte Ladungsverteilungen (im Falle des Neutrons nach außen neutral) darstellen, die um eine Axe rotieren. Deswegen besitzen sie ein magnetisches Moment, welches mit ebenso großer Genauigkeit bekannt ist wie ihre Masse. Man beachte dabei, daß die Masse des Neutrons größer ist als diejenige des Protons. Daher ist es energetisch möglich, daß sich das freie Neutron in ein Proton verwandeln kann. Bei diesem einfachsten radioaktiven Prozeß gelten die üblichen Erhaltungssätze von Energie, Impuls, Drehimpuls und Parität eines Systemes. Die beim Zerfall des freien Neutrons zur Verfügung stehende Energie wird auf die drei Teilchen Proton, Elektron und Neutrino aufgeteilt. Nur im Atomreaktor standen genügend Neutronen zur Vermessung dieses Zerfalles zur Verfügung, wie er unten in *Fig. 3* angegeben ist. Die Energie der Elektronen allein ist keineswegs scharf, sondern man erhält

eine sehr charakteristische Energieverteilung, wie sie ausgezeichnet von der Fermi-Theorie des Beta-Zerfalles wiedergegeben wird. Wir dürfen uns nicht darüber wundern, wenn über 1000 radioaktive Isotope existieren, da schon das freie Neutron instabil ist und sich mit einer Halbwertszeit von 12,8 min in ein Proton verwandelt.

Das dringendste Problem der modernen Kernphysik ist eine Hypothese der Kernkräfte zu finden, die besser ist als die heutigen Annahmen über diese Wechselwirkungen. Bisher sind wir uns an einfache Kräfte

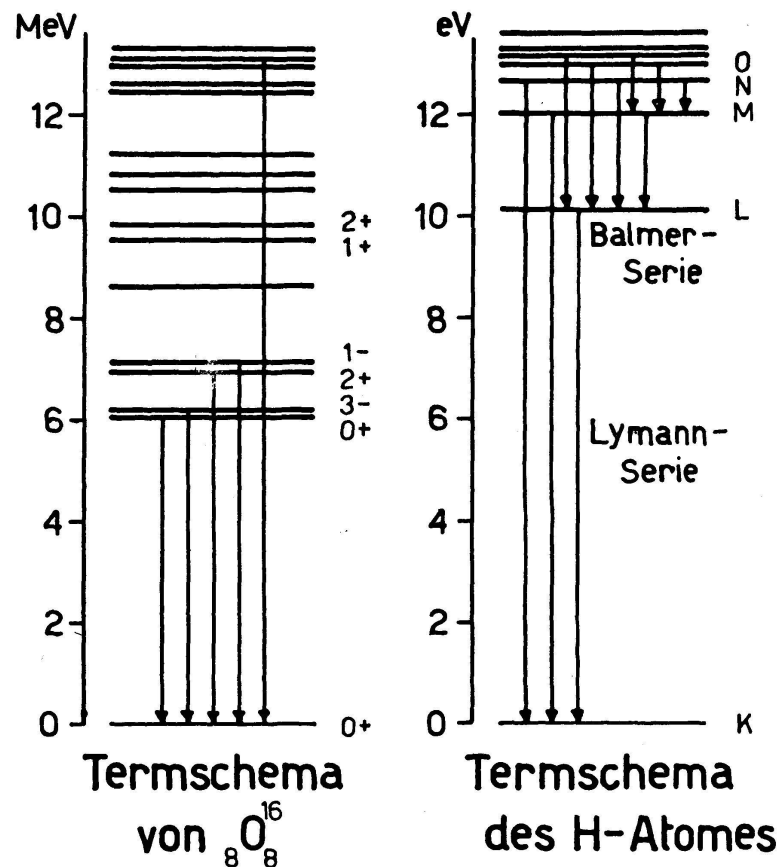


Fig. 2

gewöhnt, wie sie etwa im Sonnensystem oder im Atom herrschen. Hier sind es in der Hauptsache Zentralkräfte, die zwischen der Sonne und den Planeten oder zwischen dem Kern und den Elektronen wirken. Die Kernkräfte sind auf alle Fälle von einem ganz anderen Typus und noch lange nicht geklärt. Was man über die Kernkräfte weiß, ist rein phänomenologischer Natur, um das Verhalten der leichtesten Kerne einigermaßen zu beschreiben und um diejenigen Experimente zu deuten, die man als Streuexperimente bezeichnet. Diese Kräfte müssen so beschaffen sein, daß man z. B. verstehen kann, warum kein stabiler Kern von fünf Kernbausteinen existiert. Ebenso müssen sie erklären, warum bei einem

so einfachen Kern, wie dem Deuteron, die Ladungsverteilung der Kernbausteine nicht kugelsymmetrisch ist, d. h. sie müssen das Quadrupolmoment des Deuterons erklären können. Das Problem in der Kernphysik ist daher zweifach: einmal das Gesetz der Kernkräfte zu finden und zweitens aus dem Gesetz dann die Kerneigenschaften zu berechnen. Obwohl die Mesontheorie fruchtbringend auf die Erkenntnis der Kernkräfte gewirkt hat, existiert heute keine befriedigende Theorie dieser Kräfte, deren Natur nur durch sorgfältiges Studium der Eigenschaften der Atomkerne selbst gewonnen werden kann. Und dieses Kraftgesetz scheint recht verwickelt zu sein.

Diejenigen Größen, die man in derselben Art wie bei der Atomhülle den Niveaus eines Kernes zuordnen kann, nennt man Quantenzahlen. Ihre Bestimmung stellt eine gewaltige Arbeit dar. Neben der Energie interessieren wir uns für den Drehimpuls eines Zustandes, sein magne-

	Masse	Magn. Moment in Kernmagn.	Mech. Drehimpuls (Spin)
Proton	$1,67243 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ $\pm 0,00010$	$2,79277 \pm 0,00006$	$1/2$
Neutron	$1,67474 \cdot 10^{-24} \text{ g}$ $\pm 0,00010$	$-1,9135 \pm 0,0001$	$1/2$

Zerfall: $N \rightarrow P + \beta^- + \bar{\nu} + 0,78 \text{ MeV}$
Halbwertszeit 12,8 min

Fig. 3

Daten der Kernbausteine

tisches Moment, die Parität, und ebenso möchten wir die Ladungsverteilung kennen, die durch elektrische Momente beschrieben werden kann. Die experimentellen Daten über die Grundzustände und die angeregten Zustände der Kerne haben in den letzten Jahren kolossal zugenommen, weil die Meßmethoden stark verbessert worden sind. Die sprichwörtliche Genauigkeit in der Physik der Atomhülle hat sich auch auf die Kernphysik übertragen. Geht der Atomkern von einem stationären Zustand in einen anderen über, so wird die freiwerdende Energie in Form von γ -Strahlung emittiert. Dabei hängt die Übergangswahrscheinlichkeit zwischen zwei Niveaus, ähnlich wie in der Hülle, stark von der Energiedifferenz, Drehimpulsänderung und der Paritätsänderung ab, d. h. die Intensität der beobachteten γ -Strahlung wird von den Quantenzahlen der beteiligten Niveaus beherrscht. Übergänge mit hoher Drehimpulsdifferenz sind zum Beispiel äußerst selten.

Allerdings sind die Übergänge im Atomkern mannigfaltiger als in der Hülle. Während hier nur Lichtquanten emittiert werden, so gibt

es dort auch Teilchenemission. Die Sachlage ist in *Fig. 4* dargestellt. Von drei benachbarten Isotopen sind die Termschemata willkürlich eingezeichnet. Man denke sich zu allen Niveaus die zugehörigen Quantenzahlen, wobei der Kern mit Z Protonen und N Neutronen sich im Zustand O befinde. Dieses Niveau kann unter Emission von γ -Strahlen in solche niedrigerer Energie übergehen, oder aber die Energiedifferenz ΔE kann direkt einem Hüllenelektron übertragen werden. Was der Kernspektroskopiker dann mißt, sind Kombinationen von Termen des Kernes mit

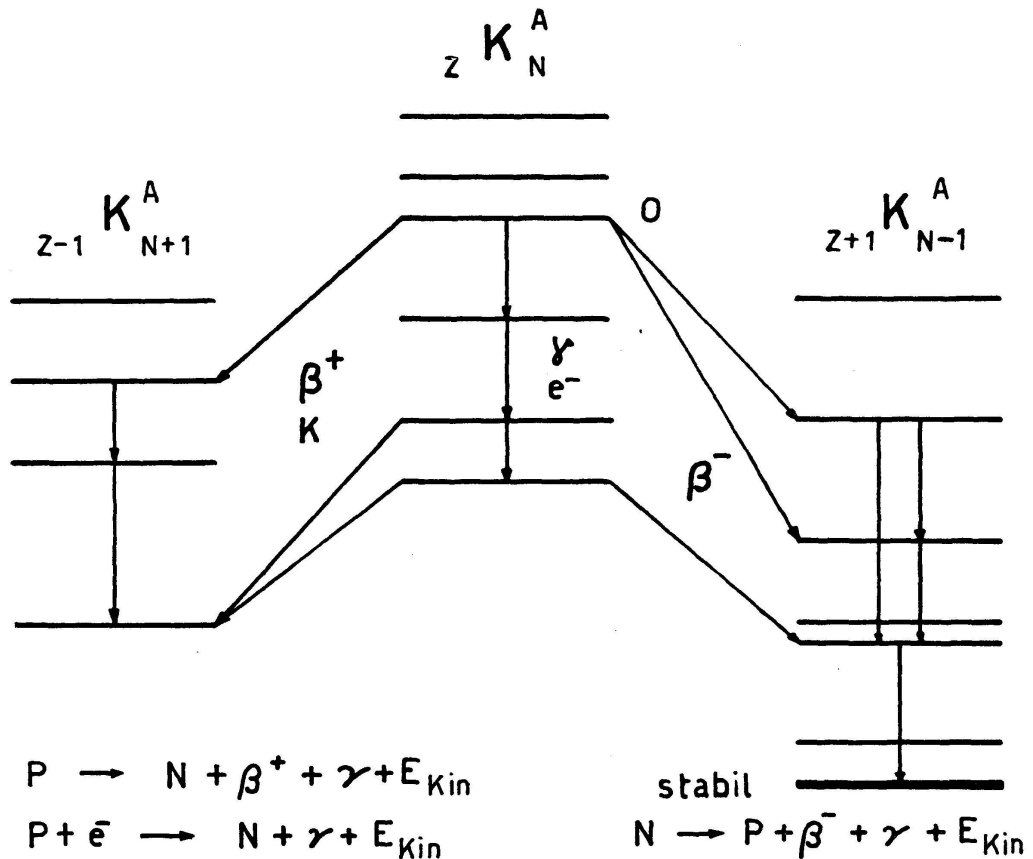


Fig. 4

Hypothetische Zerfallsmöglichkeit eines Kernes

denen der Hülle. Bei diesem Prozeß emittiert das Atom beim Übergang zwischen zwei Kernniveaus monoenergetische Elektronen der Hülle, die man als Konversionselektronen e^- bezeichnet. Außer der Emission von γ -Strahlen oder Konversionselektronen kann das Niveau O aber auch in Niveaus des benachbarten Kernes $z+1 K^A_{N-1}$ übergehen. Was sich dabei im Kernbau verändert, ist leicht ersichtlich. Ein Neutron hat sich in ein Proton verwandelt, und der elementare Vorgang des Zerfalles eines freien Neutrons hat sich im Atomkern wiederholt, wie unten in *Fig. 4* angegeben. Man sieht deutlich, wie durch diesen β^- -Zerfall des Kernes $z K^A_N$ die Niveaus im Folgekern $z+1 K^A_{N-1}$ angeregt werden.

Die Physiker sind bestrebt, Feinheiten solcher radioaktiver Übergänge aufzuklären, um daraus rückwärts auf die Niveaus der Kerne und deren Quantenzahlen zu schließen. Mit dem β^- -Prozeß, wie ihn der Übergang ${}_Z K_N^A \longrightarrow {}_{Z+1} K_{N-1}^A$ darstellt, ist die Zerfallsmöglichkeit des Niveaus O noch nicht erschöpft. Im Kern kann sich auch ein Proton in ein Neutron verwandeln. Dabei sinkt die Ladung um eine Einheit, und es wird ein

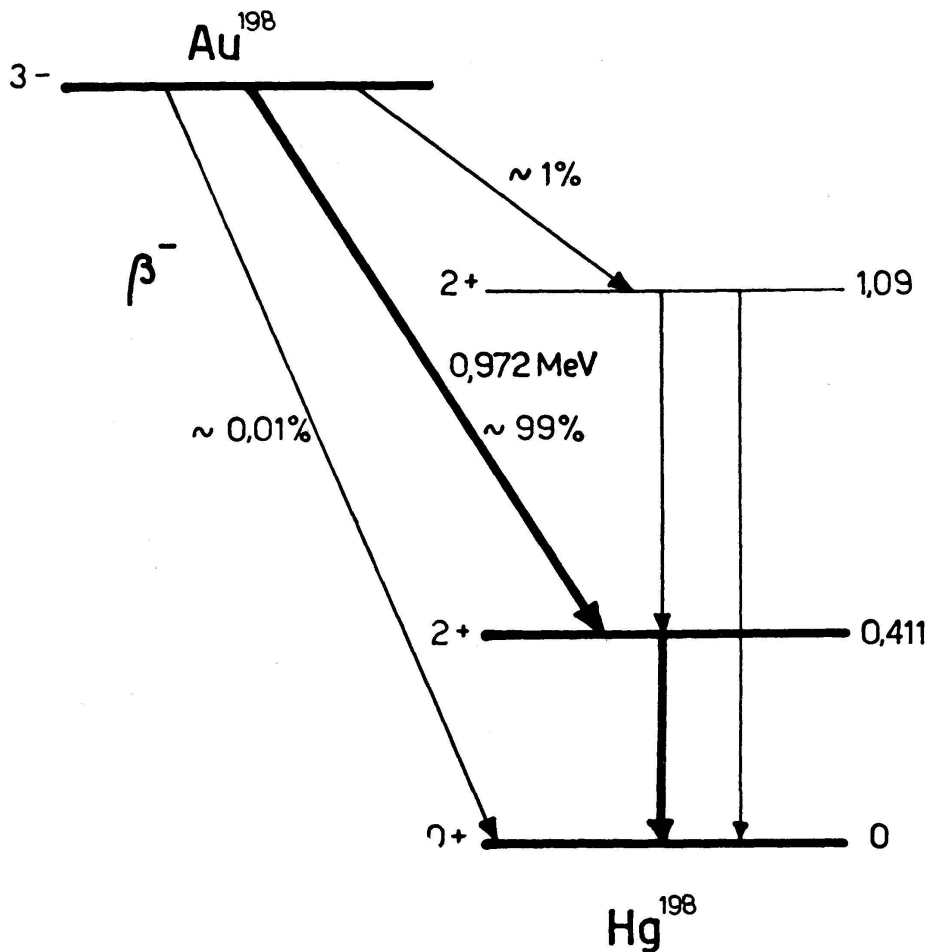


Fig. 5

Zerfallschema von Au^{198}

positives Elektron, ein Positron β^+ emittiert, und der Rest der freiwerdenden Energie wird wie beim β^- -Zerfall vom Neutrino und dem Rückstoßkern als kinetische Energie übernommen. Dieser Positronenzerfall hat einen Konkurrenzprozeß, bei welchem die Ladung des Atomkernes ebenfalls um eine Einheit sinkt, indem der Atomkern aus der Hülle, vorwiegend aus der K-Schale, ein Elektron einfängt. Beide Prozesse, Positronenemission und Elektroneneinfang, sind unten in *Fig. 4* ebenfalls als Elementarprozesse eingezeichnet. Besonders bei schweren Isotopen tritt zu diesen besprochenen Zerfallsmöglichkeiten noch eine

neue hinzu, indem der Kern ein eigenes Bruchstück, ein α -Teilchen emittiert. Dabei sinkt die Ladung um zwei und die Masse um vier Einheiten, und die Energiedifferenz beim Übergang wird auf das α -Teilchen und den Restkern aufgeteilt. Solche α -Zerfälle mit scharfer α -Energie wurden schon frühzeitig mit der Wilsonkammer untersucht.

Im Falle der leichten Kerne haben sich zwischen den Niveauschemata benachbarter Kerne gleicher Massenzahl A interessante Be-

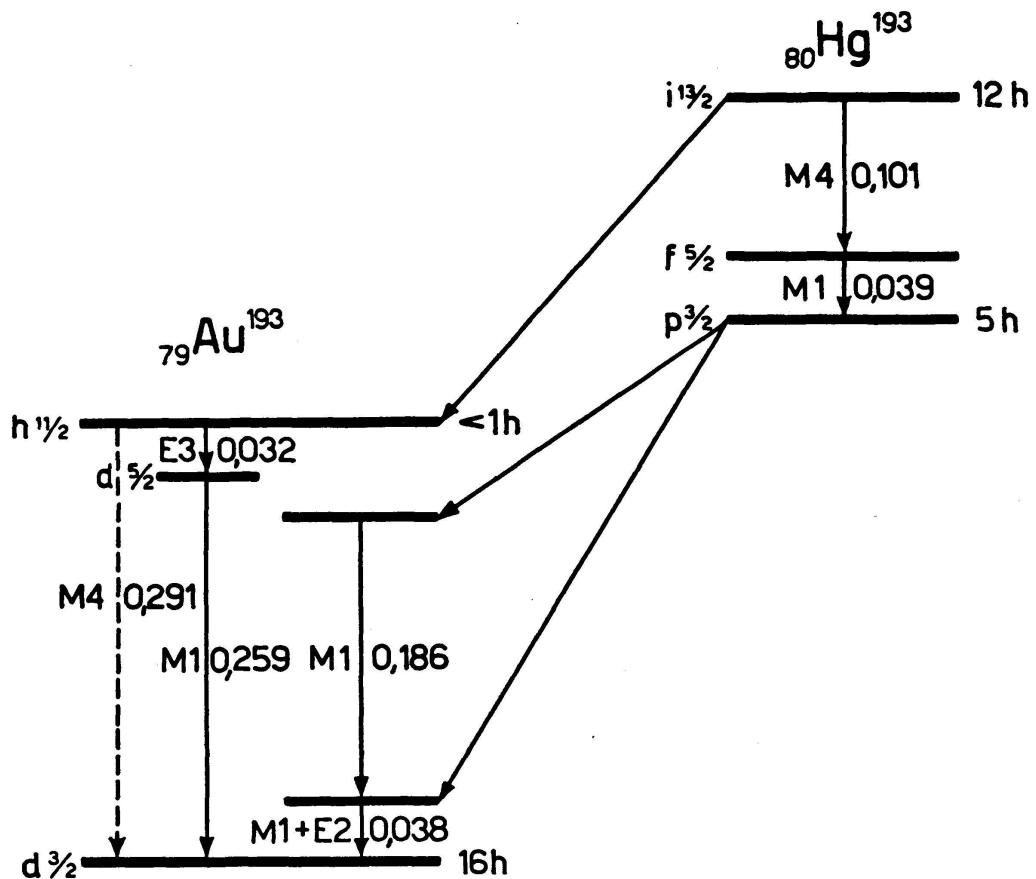


Fig. 6

Zerfallschema von Hg^{193} (Energiewerte in Mer)

ziehungen gezeigt. Es bestehen nämlich Niveaus mit gleichen Quantenzahlen (Gesamtdrehimpuls, Parität) die sich nur um charakteristische, verhältnismäßig kleine Energiewerte unterscheiden. Diese Tatsachen können durch die Theorie des isotopen Spin in eleganter Weise dargestellt werden: Man fasse die Termschemata der drei benachbarten Isotope als Niveauschema eines einzigen Systemes auf, das aus A Nukleonen besteht. Diese Nukleonen besitzen zwei verschiedene Zustände (Proton resp. Neutron), die man durch eine neue Quantenzahl (isotoper Spin $\frac{1}{2}$) unterscheidet. Diese Quantenzahl besitzt dann in formaler Hinsicht ähnliche Eigenschaften wie der gewöhnliche Spin, der bei einem Wert

von $\frac{1}{2}$ die beiden Einstellmöglichkeiten in einer gewählten Z -Richtung unterscheidet. Zu jedem Niveau des Systemes aus A Nukleonen gehört nun ein gesamter isotoper Spin, dessen 3.-Komponente in einfacher Weise mit der Ladung des Systemes zusammenhängt. Wie zu einem Gesamtdrehimpuls gehören z. B. zu einem gesamten isotopen Spin von der Größe eins drei Zustände mit den möglichen 3.-Komponenten von $+1$, 0 , und -1 . Dies ergibt aber gerade drei Zustände aus dem oben betrachteten zusammengelegten Termschema der drei benachbarten

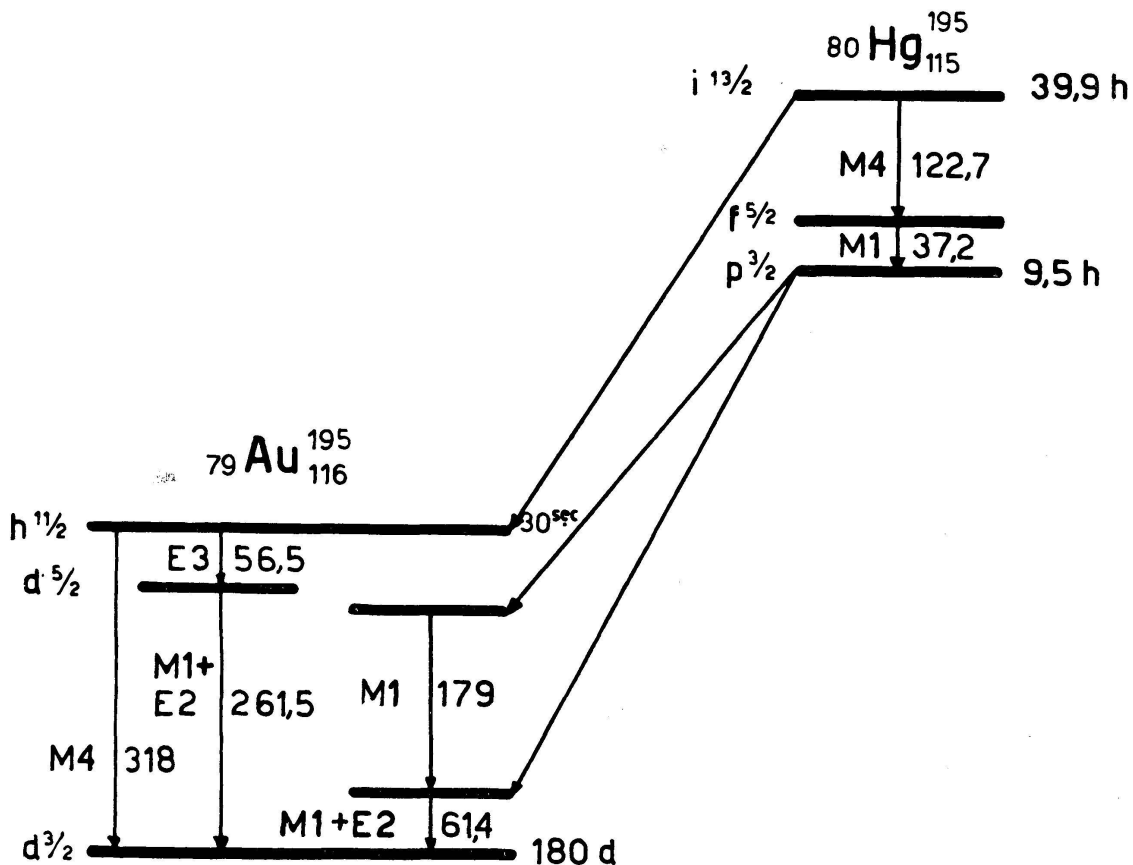


Fig. 7

Zerfallschema von Hg^{195} (Energiewerte in *Ker*)

Kerne, die dadurch auf ein einziges Niveau zurückgeführt sind. Durch die Einführung dieser neuen Quantenzahl konnte bei leichten Kernen manches bis jetzt ungeklärte Übergangsverbot sehr gut verstanden werden.

Man sieht, wie mannigfaltig die Zerfallsmöglichkeit eines einzelnen Niveaus O eines Atomkernes sein kann. Diese Elektronen-, Positronen- und γ -Emission dauert so lange, bis sie bei einem der ungefähr 300 bekannten stabilen Isotope endigt. Solche radioaktive Zerfälle, wie sie in Fig. 4 schematisch eingezeichnet sind, wurden in jüngster Zeit mit großer Genauigkeit ausgemessen. Es ist gelungen, von vielen Kernen

Termschemen aufzustellen und die Quantenzahlen der Niveaus zu bestimmen. So hat sich in neuester Zeit viel wertvolles experimentelles Material angesammelt, und dieses harret einer Deutung durch eine verfeinerte Theorie. Für Anwendungen dieser radioaktiven Zerfälle in Medizin, Biologie, Chemie und der Werkstoffprüfung spielen allerdings nur solche Zustände eine Rolle, die langlebig sind. Dies trifft vor allem für die Grundzustände der Kerne zu, denn die angeregten Zustände haben vielfach unmeßbar kleine Halbwertszeiten. Für den Praktiker ist auch

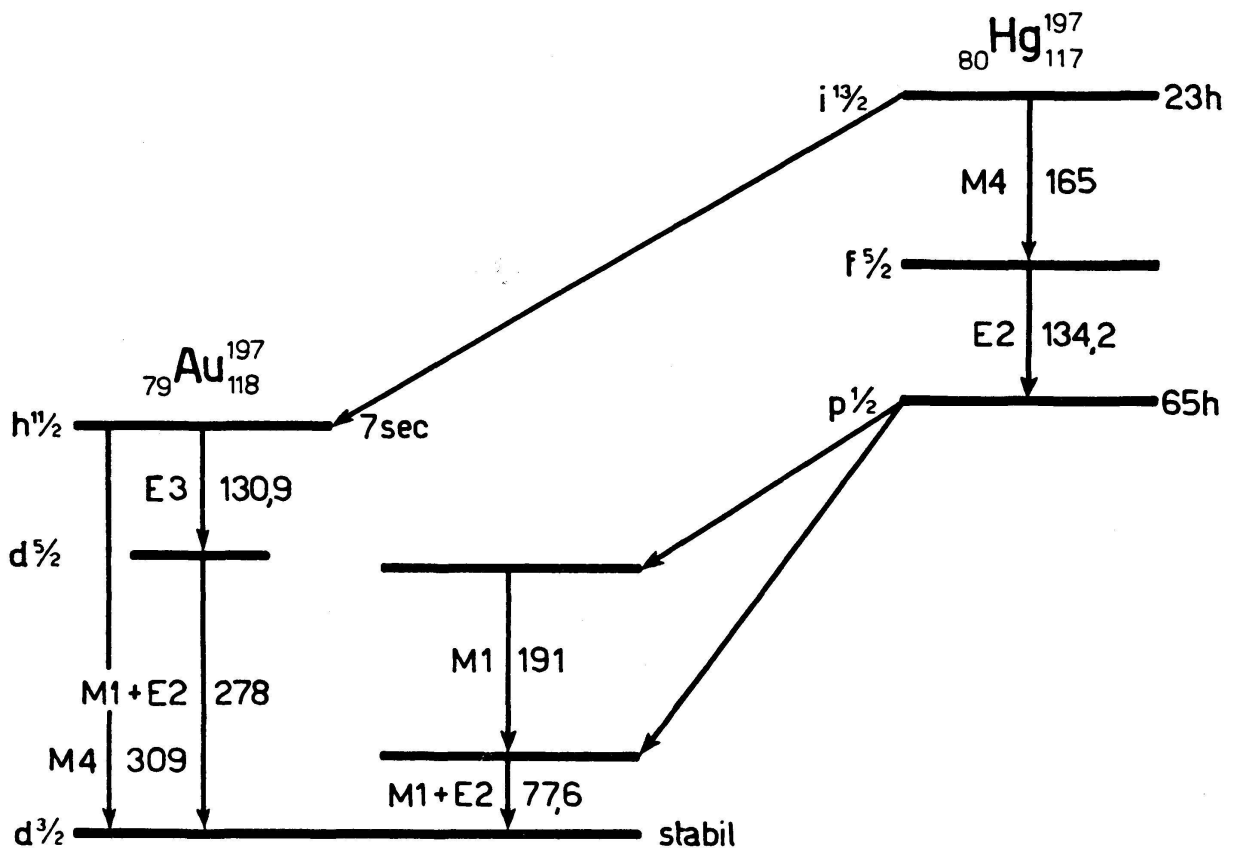


Fig. 8

Zerfallschema von Hg^{197} (Energiewerte in Ker)

nur die mittlere β - und γ -Energie von Bedeutung, und Feinheiten der Zerfälle sind gänzlich nebensächlich. Hingegen sind die leichte Verfügbarkeit und die Kosten der verwendeten Isotope entscheidend. Fast sämtliche radioaktiven Isotope, die zur Anwendung gelangen, stammen aus dem Atomreaktor, weil diese Herstellungsart die weitaus billigste ist. Wenn langsame Neutronen des Atomreaktors in die Nähe des Kernes kommen, besorgen die Kernkräfte das weitere, und das Neutron wird eingefangen. So entstehen aus den stabilen Isotopen radioaktive Kerne. Am häufigsten werden die langlebigen Isotope C^{14} (5600 y), Na^{24} (15 h), P^{32} (14,3 d), Ca^{45} (152 d), Fe^{59} (47 d), Co^{60} (5,3 y), J^{131} (8 d), Ta^{182} (111 d),

Ir^{192} (74 *d*) und Au^{198} (2,7 *d*) verwendet, von denen starke Präparate zur Verfügung stehen, zum Teil vollständig ohne Beimischung von inaktivem Material.

Die Zerfallschemata dieser radioaktiven Kerne sind heute gut bekannt, und es ist gelungen, die Termschemata systematisch zu ordnen. Das Zerfallschema des viel verwendeten Au^{198} ist in *Fig. 5* dargestellt. Man hat allmählich die Gesetzmäßigkeiten im Aufbau der Kerne erkannt, und die Theoretiker versuchen, diese Ergebnisse zu deuten. Betrachtet man z. B. die gemessenen Zerfallschemata bei einigen Isotopen von *Hg*, die sich nur um Neutronenpaare unterscheiden, so ist ihre Ähnlichkeit verblüffend. Die Zerfälle der *Hg*-Isotope Hg^{193*} , Hg^{195} und Hg^{197} sind in *Fig. 6–8* wiedergegeben. Man darf sicher behaupten, daß die analoge Art der Übergänge nicht zufällig ist.

Die Ergebnisse der Forschung und ihre systematische Auswertung haben zu einem Kernmodell geführt, das man als Schalenmodell bezeichnet und das den Aufbau des Atomkernes ganz gut wiedergibt. Es passiert im Kernbau so etwas Ähnliches wie in der Hülle. Wir wissen ja, daß neutrale Atome mit 2, 8 oder 18 Elektronen chemisch ungemein stabil sind, und wir schreiben diese Tatsache abgeschlossenen Elektronenschalen zu. Seit der Postulierung des Kernatoms durch Rutherford ist im Aufbau der Kerne eine reiche Fülle von Gesetzmäßigkeiten entdeckt worden. So war es auffällig, daß He^4 und O^{16} ganz besonders stark gebundene Konfigurationen darstellen, und schon 1934 schrieben ELSÄSSER und GUGGENHEIMER diese Tatsache abgeschlossenen Nukleonenschalen zu, ähnlich den Edelgasschalen der Atomhülle. Eine ganze Reihe von experimentellen Tatsachen ergab, daß bei ganz bestimmten Zahlen von Protonen und Neutronen im Bau der Atomkerne Diskontinuitäten auftreten. Da diese Zahlen sicher eine fundamentale Rolle spielen, anderseits ihre gesicherte experimentelle Bedeutung noch nicht geklärt werden konnte, sind sie unter dem Namen magische Zahlen in die Physik eingegangen. Es gibt viele durch Experimente erhärtete Tatsachen, die im Bau der Kerne die magischen Zahlen deutlich erkennen lassen, wie der Gang der Quadrupolmomente, die Neutroneneinfangsquerschnitte und die Häufigkeit des Auftretens der Isomerie. Kerne, deren Nukleonenzahl magischen Zahlen entsprechen, stellen ganz besonders stark gebundene Kernkonfigurationen dar. Es wiederholt sich im Kern so etwas wie der Schalen Aufbau der Atomhülle, und die heutigen Theorien des Kernes sind imstande, einigermaßen den Aufbau der Kerne zu erklären und die magischen Zahlen theoretisch zu deuten. Zurzeit werden große Anstrengungen unternommen, das Schalenmodell, durch das der Atomkern beschrieben werden kann, zu verfeinern und durch Einführung geeigneter Wechselwirkungen unter den Kernbausteinen quantitative Resultate für die Grundzustände und die angeregten Zustände der Atomkerne zu erhalten. Hoffen wir, daß diese Unternehmungen erfolgreich sein werden und viel zu unserer Erkenntnis der Theorie des Atomkernes beitragen.

* Private Mitteilung von Dr. A. de Shalit

La mission géologique genevoise à l'Everest

Par

AUGUSTIN LOMBARD

I. Introduction

La découverte de la terre s'achève. Nous connaissons désormais, à de rares exceptions près, les océans, leurs îles et les continents.

Cependant, certains domaines de notre globe ont échappé jusqu'ici aux pionniers, tant leur accès est difficile et dangereux.

Parmi ces régions, les hautes montagnes du monde réservent encore de grandes surprises et résistent aux assauts des alpinistes. Leur exploration progresse cependant, suivie par des milliers de spectateurs que cette lutte passionne.

Dès qu'une région est reconnue, elle s'ouvre aux chercheurs qui vont en faire l'étude scientifique et économique. On sait quelle pléiade de prospecteurs, botanistes et biologistes a suivi les Christophe Colomb, Magellan, Scott et Amundsen. Cette connaissance de la terre est encore en plein essor. Elle découvre sans cesse des voies nouvelles au prodigieux développement de nos civilisations.

En accompagnant l'expédition d'alpinistes à l'Everest, la mission scientifique genevoise s'est inscrite dans la lignée classique des explorations du monde.

Plusieurs vallées n'avaient jamais encore reçu la visite d'un botaniste ou d'un géologue et la collaboration avec la Fondation suisse de recherches alpines a été fructueuse.

II. La marche d'approche

La matinée était claire et déjà chaude lorsque nous quittâmes Kathmandu, le 29 mars. Le trajet de cette première journée offrait plus d'intérêt par ses villages peuplés et ses temples que par son terrain géologique. La piste suivait en effet l'axe de la cuvette sableuse de Kathmandu et les montagnes qui l'entourent de toutes parts étaient encore à bonne distance. Ce n'est que le lendemain, au-delà de Banepa, que j'ai franchi un col, et retrouvai la roche qui affleurerait désormais tout le long du chemin.

Je l'étudie à loisir pendant tout un matin, accompagné d'A. Zimmermann qui récolte des plantes. Nous suivons des crêtes qui me montrent que ce Népal central est constitué de schistes métamorphiques monotones, disposés en larges plis ouverts.

Les grandes rivières comme l'Indrawati, la Bhota Kosi, la Likhu Khola accusent une érosion très active. Leurs rives sont formées de falaises abruptes, sculptées dans le gneiss, dominées par de grands versants profonds et ravinés. En ce début d'avril, les eaux sont basses et sinuent modestement sur un lit sableux et caillouteux. Il y a une disproportion frappante entre ces vastes plages d'alluvions et le petit cours d'eau qui les parcourt. Quatre mois plus tard, tout changera. Le lit entier sera noyé sous l'épaisse tranche des eaux tumultueuses de la fonte des neiges et des orages de la mousson.

Les glaciers sont-ils autrefois descendus le long de ces vallées ? C'est bien probable, mais il est impossible d'en préciser l'extension. Les pluies torrentielles ont peu à peu détruit toute trace de manteau morainique ou de moraines frontales. Sans ces témoins, il n'est pas possible de se prononcer. La seule moraine frontale que j'aie vue hors des glaciers actuels se trouve au sud de Phaphlu mais je ne pourrais démontrer que c'est la dernière vers le bas-pays.

Dès Jumbesi et plus loin vers le nord, les structures se compliquent et deviennent très intéressantes à analyser. Il se dessine maintenant un style bien connu dans les Alpes occidentales, celui des nappes de charriages avec leurs racines, que l'on coupe entre Jubing et Namche Bazar. Sur les nappes inférieures que nous avons suivies depuis Kathmandu, reposent de nouvelles nappes du groupe de Namche.

Au lieu de roches parasédimentaires, on a du matériel très métamorphisé, des orthogneiss, des schistes cristallins et même du granite. Celui-ci forme tous les plus hauts sommets et pour comprendre ses relations avec les nappes supérieures, il me faudra explorer systématiquement les abords de l'Everest. Le programme de ces prochaines semaines se précise déjà.

L'arrivée à Namche est d'un grand intérêt car de toutes parts surgissent de hauts sommets violemment plissés : le Khumbila ou Montagne des Sherpas, avec un anticlinal couché qui se voyait un jour déjà avant d'arriver au « bazar ».

A l'est, surgit le Kangtega, taillé dans le granit, en grandes parois glacées et vertigineuses ; au sud-ouest, le Kwangde attire le regard, avec ses replis et son plan de chevauchement.

Je continue vers le camp de base et avance dans le même groupe de plis. La vallée adjacente de la Chola Khola coupe transversalement de grandes charnières et je passe un jour à l'explorer, de même qu'une vallée plus au nord et qui ne figure pas sur ma carte.

Au camp de base, les hauts sommets du Pumori au Nuptse barrent l'horizon. Le plus puissant d'entre eux, l'Everest, ne se voit pas d'emblée mais surgit à l'arrière-plan dès que l'on grimpe vers l'ouest.

La base de cette chaîne est formée de terrains sédimentaires faiblement métamorphisés, très laminés. Le gros des sommets est fait de granite et l'Everest a conservé son chapeau de gneiss et de sédimentaire paléozoïque dans lequel on a trouvé des fossiles sur le versant nord.

D'importants replis ont déformé ces roches et il s'agit dans les semaines qui vont suivre, d'en déchiffrer le bâti.

Mon itinéraire de Jubing au camp de base m'a donné une première solution. Il faut la confirmer.

Sans tarder, je redescends du camp de base et vais explorer la haute vallée de l'Imja Khola. En quelques étapes me voici au cœur d'un nouveau cirque de hauts sommets, qui rappelle celui du camp de base et je retrouve la même disposition des grandes familles de roches du Lhotse à l'Ama Dablam.

Le paysage de très hautes montagnes est unique dans sa grandeur et ses lignes verticales. Hélas, il rutile de glace et de neige, ce qui ajoute à sa beauté mais complique singulièrement mes observations.

Me voici de nouveau à Namche, le 3 mai, repartant avec des provisions fraîches pour une exploration à l'ouest de l'Everest jusqu'aux confins du Tibet, au Nangpa La (La = col).

Les premières journées se déroulent dans un décor très avenant. La vallée de la Bhote Kosi est très habitée; on y cultive des pommes de terre, la population y est gaie et avenante. Ses habitants sont les Sherpas, d'origine tibétaine. Les hommes les plus courageux et intelligents se sont expatriés et depuis cinquante ans accompagnent des expéditions dans tout l'Himalaya.

Leur nom est presque synonyme de «guide». Mon propre Sherpa, Mingma, me montre son village et sa maison, accrochés aux pentes du Kapsale. Plus haut, nous campons à Thami puis à Chulé dont les villageois me regardent avec vive curiosité, surtout lorsque je prends mes repas et me rase.

Plus haut, la vallée se fait austère, quoique large et ensoleillée. A Chulé, il n'y a plus que quelques pâturages de yaks; à Lunak je dresse ma tente à côté d'une masure de bergers vide, adossée à la moraine. Il faut désormais prendre son bois avec soi et le camp de Jasamba, à 5375 m, s'établira sur des cailloux recouvrant la glace.

Mon séjour est agrémenté par la présence des membres de l'expédition E. Shipton et de son chef, avec lesquels je passe d'agréables instants.

De Namche à Jasamba, j'ai recoupé les nappes supérieures mais la complexité de leurs plis a atteint un maximum. A Jasamba, le granite nous entoure de tous les côtés et j'espère beaucoup en trouver la couverture les prochains jours, au Nangpa La.

Hélas, cette couverture existe bien mais elle est loin au-delà du col, sur territoire tibétain. Faut-il risquer une incursion vers ces sommets que je vois si nettement à un et deux jours de la frontière? Ce serait une folie car les communistes guettent l'étranger jusque dans les plus hautes solitudes de l'Himalaya. C'est à regret que j'y renonce, bien que j'aie les porteurs, le bois, la nourriture et surtout un problème géologique important à résoudre.

Le temps est désagréable. Chaque jour dès 10 heures, le blizzard se lève et arrête tout travail. Je redescends à petites journées et commence dès Lunak un trajet de retour en explorant les vallées latérales

de la Bhote Kosi: le glacier de la haute Bhote et le col qui le couronne, le Pangbuk, la Langmoche Khola, la Thami Khola. Cette découverte constante de nouveaux sites, de vallons ignorés et de grandes parois glacées aux corniches neigeuses est fascinante. Mon itinéraire complète celui de la montée le long de la grande vallée et mes observations se développent de jour en jour. Il est temps toutefois de rentrer à Namche pour refaire ma provision de films et déposer mes échantillons en lieu sûr.

Mais il manque encore un lien entre mes observations suivant l'axe du Nangpa La et celles du camp de base-glacier de Khumbu. Il me reste du temps pour combler cette lacune et je repars le 20 mai pour reconnaître la vallée de la Dudh Kosi. Mon équipe est toute formée. Je continue à être accompagné de mon interprète et de mon Sherpa. Ce dernier m'est précieux car il porte mes appareils, s'occupe des provisions et supporte avec bonne humeur les échantillons que, chaque jour, je lui tends pour mettre dans mon sac. Danghbar Singh, l'interprète, étiquette et emballe, répartit chaque soir les roches parmi les porteurs et se charge des achats et des coolies.

Quant à mes huit porteurs, ils semblent heureux de ce genre de vie et insistent, à chaque retour à Namche, pour repartir à la prochaine occasion. Je n'ai donc aucun souci de recrutement.

Je ne m'attarderai pas à décrire la vallée de la Dudh Kosi, la Rivière de Lait. La couleur grise de ses eaux trahit son origine glaciaire et les montagnes d'où elle descend sont parmi les plus belles que j'aie vues jusqu'ici. D'immenses glaciers dévalent des hautes arêtes qui relient le Cho-Oyu au Gyachung Kang ou au Nup La et au massif voisin du Pumori.

Ils convergent, formant une «Konkordia-Platz» de grand style et se déversent en un glacier unique, large de près de deux kilomètres, le Ngo-jumba, glacier d'où sort la Dudh Kosi.

Il faudrait passer deux semaines à relever la géologie de cette vallée, avec ses affluents. Ma brève reconnaissance permet cependant de fixer les grands traits de la tectonique. Le manque de carte topographique détaillée se fait cruellement sentir et empêche pour l'instant tout report précis.

III. Etapes de retour

Au retour, mon itinéraire emprunte une partie de la voie suivie à l'aller et j'apprécie beaucoup l'avantage de revoir quelques détails des plis entre Tesinga et Namche. Ce contrôle va se poursuivre plus loin encore, sous Namche vers le sud. Je quitte Namche pour de bon, prenant congé du maire chez lequel j'ai logé et chez qui nous avons un important dépôt de matériel. Je le photographie avec son épouse. Tous deux sont parés de beaux costumes et de bijoux, entourés de leurs enfants. Le lieutenant Indra, notre officier de liaison, figure à leurs côtés, rasé de frais. Chacun désire beaucoup paraître à son avantage.

Namche ne m'a guère souri, avec ses maisons uniformes sans style, groupées dans un cirque morainique pelé et venteux. J'ai hâte d'ailleurs

de continuer mon étude géologique et d'entreprendre le grande coupe qui part du Nangpa La et s'achèvera aux confins de la plaine du Gange.

Il ne m'est guère possible de résumer ici mes observations géologiques qui seraient probablement trop sèches pour un profane. Mais on ne saurait passer sous silence l'intérêt soutenu de l'itinéraire que nous avons suivi. Jusqu'à Okhaldunga, vallées et crêtes se succèdent, très couvertes de végétation, notamment de forêts denses de rhododendrons, de cèdres et de fougères. C'est encore le haut pays avec de fortes dénivellations. J'ai noté, pour la journée du 29 mai: 1655 mètres de montées et 790 mètres de descentes. Le lendemain, entre Tanga et Ringmo, il a fallu descendre 1630 m et remonter 685.

A partir d'Okhaldunga, je retrouve les alpinistes et nous allons avoir des étapes fatigantes pour gagner la plaine de l'Inde. En effet, d'Okhaldunga qui se trouve à 1850 m il faut descendre par une série de crêtes à 500 mètres seulement pour passer la Sun Kosi, majestueuse rivière que l'on traverse en pirogue.

Il nous semble être dans une fournaise tant l'atmosphère est surchauffée et le soleil ardent.

Plus loin, trois chaînes nous barrent encore la route, connues sous le nom de Teraï. On les franchit en remontant puis en descendant d'interminables lits de rivières sableux et graveleux, encaissés dans des ravins boisés et humides. Aucun air ne circule dans ces étuves et les nuits n'apportent pas de fraîcheur. Nous voudrions entrer dans cette jungle forestière pour y rencontrer quelques rhinocéros ou l'un de ses frères tigres ou éléphants. Mais un sentiment de prudente conservation nous en dissuade et nous avons hâte par ailleurs de nous sortir de ces interminables avant-monts.

Un beau jour, nous franchissons un dernier col à 530 m et nos regards s'étendent à l'infini sur la verdoyante plaine de l'Inde. J'arrête mes notes au pied de la pente, heureux d'avoir traversé ce fameux chaînon du Siwalik dans lequel j'ai trouvé des formations molassiques étonnamment semblables à celles du front nord des Alpes.

J'ai désormais achevé ma tâche de terrain et je me penche déjà sur le dépouillement de mon butin de notes, d'observations et d'échantillons. J'en ai pour plus d'un an. Et ce sera le plus beau couronnement que je puisse souhaiter à ce passionnant voyage vers le toit du monde.

IV. Postface

Je ne voudrais achever ce bref résumé sans exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont œuvré pour la réalisation et la réussite de cette mission. Je m'adresse tout d'abord au Comité genevois, à nos collègues les professeurs BACHIN, GYSIN, PAREJAS et PITTARD, au D^r BERTHOUD. Le D^r WYSS-DUNANT, chef de l'expédition et R. DITTERT ont facilité une tâche très lourde ainsi qu'A. ZIMMERMANN, mon excellent collègue botaniste. Enfin, au Népal, j'ai rencontré le D^r HAGEN qui m'a fait bénéficier de sa riche expérience géologique du Népal central.

Il sentimento della natura in Volta

nella relazione di un viaggio attraverso il Gottardo

di

G. POLVANI (Milano)

Quando, nell'aprile passato, il Dott. GUIDO KAUFFMANN, presidente della Società Ticinese di Scienze Naturali, volle, a nome della Società Elvetica di Scienze Naturali e su indicazione del Prof. MORDASINI, scrivermi pregandomi di accogliere l'invito a tenere, alla 133^a Riunione annuale della stessa Società Elvetica, una conferenza generale che potesse interessare tutte le sezioni scientifiche presenti, accettai di buon grado, soprattutto perchè la circostanza, segnalatami dal Dott. KAUFFMANN, che questa mia conferenza sarebbe stata l'unica tenuta in lingua italiana a questa Riunione, mi parve imporre, a me italiano, un obbligo cui era impossibile venire meno.

Dell'invito rivoltomi desidero ringraziare vivamente il Dott. KAUFFMANN, il Prof. MORDASINI, non meno che il consigliere di Stato AVV. GALLI, presidente del Comitato annuo della Società Elvetica; e ringraziare voi tutti, qui cortesemente convenuti ad udirmi. Per me è veramente un onore il poter parlare a questa antica e celebre Società Elvetica; ed io vorrei che il dubbio, da cui in questo momento son preso, di aver cioè malamente commisurato le mie capacità col compito assegnato, non diventi certezza. Che se poi così fosse, vorrete – vi prego – scusarmi: in generale a chi si confessa, anche se il peccato sia di presunzione, si suole, se non perdonare o condonare, almeno indulgere.

Riflettendo sul tema da trattare, pensai dapprima di discutere dinanzi a voi, del valore e del significato che nelle scienze in generale ha l'errore, questa maschera del vero o di altro errore, ed esso stesso «vero» finchè la mente non prenda coscienza della sua essenza di maschera.

Ma poi, considerando il carattere più naturalistico che filosofico della Società Elvetica, ritenendo che a voi, svizzeri, da me, italiano, potesse essere caro sentire parlare della vostra terra per bocca di un altro italiano che la conobbe e grandemente l'amò, specie poi se questi sia un uomo del passato di grande fama, e di questa terra parli con commosso accento di vero naturalista; venutomi in mente che queste circostanze, tutte, m'erano offerte dalla *Relazione* che ALESSANDRO VOLTA lasciò circa il suo primo viaggio in Svizzera nel 1777; pensai che, e di

questa *Relazione* e del profondo sentimento della natura da cui essa è pervasa, testimonianza certa della commozione del suo animo davanti ai grandi spettacoli della natura, avrei potuto fare oggetto di questa mia conferenza. Ed è da credere che il mio giudizio non fosse errato, se il vostro presidente sceglieva tra i due temi proposti, proprio il secondo. Ed anche di questa scelta io gli sono grato.

* * *

L'opera e la vita di VOLTA sono state oggetto, fin da quando era vivo, di tante ricerche, di tanti studi, scritti, discorsi, che difficilmente potrebbesi trovare alcun che di nuovo da dire; sicchè il parlare di lui tra cultori di scienze fisiche rischia di essere un portare vasi a Samo e nottole ad Atene. Purtuttavia, forse, un lato meno noto di VOLTA ancora c'è — credo —; ed è quello del suo atteggiamento interiore dinanzi ai grandi spettacoli della natura. Che se anche questo suo riposto atteggiamento vi fosse del tutto noto, ebbene... «ament meminisse periti».

VOLTA, dunque — si dirà — più come uomo sensitivo al linguaggio diretto e ingenuo della natura che non come inquisitore di questa, sordo a quel linguaggio?

Oh, intendiamoci! VOLTA è sempre, e sempre rimane, soprattutto, il grande scienziato, il grande indagatore; cui, di qualunque fatto gli si pari dinanzi, interessano solo le cause e le modalità. E se tu leggi i suoi scritti stampati — soprattutto quelli stampati —, sia i maggiori sia i minori, vedrai che ti vien voglia di paragonarlo a un muratore che costruisca un edificio (che per VOLTA sarà poi il suo imperituro monumento), solo preoccupato di metter mattone accosto a mattone o su altro mattone, bene a filo e a squadra, in modo che la costruzione sia forte, solida: in questa solidità è la bellezza dell'opera di VOLTA. Ma che lui, della bellezza del materiale che tratta, si commuova, mai, o rarissimamente, un accenno, una parola. Freddo, pensoso, l'occhio fisso all'opera, pare una macchina che di umano ha solo le due mani operanti e la mente razziocinante.

Ma, ritratto così, è un VOLTA incompleto, e quindi falso.

Ancora peggio poi farsi di lui l'idea come di uomo che trascorra il suo tempo sempre tappato nella sua stanza di lavoro, intento giorno e notte ai suoi strumenti, ai suoi apparecchi, ai suoi elettroscopi, ai suoi condensatori, alle sue rane, alle sue coppie metalliche, alle sue pile...; un uomo che tutto al più alterni il lavoro sperimentale col leggere libri, stendere memorie, vergare lettere, intrecciare discussioni epistolari, combattere interminabili logomachie per sostenere ed affermare le proprie idee...; ma che mai o raramente alzi gli occhi dal suo tavolino, esca dalla sua stanza per gettar il suo sguardo fuori, all'aperto, ad ammirare e meditare le grandi manifestazioni che, all'aperto, fuori, offre natura....

Figurarsi siffattamente VOLTA, ripeto, sarebbe profondamente errato.

In realtà egli fu un naturalista acuto, profondo, ricco di sensitività per tutto ciò che di curioso, di bello, di superbo può mirarsi nel gran libro della natura.

Di questo egli intese fortemente, tra pochissimi, non solo il linguaggio scritto in quei caratteri diversi dal nostro alfabeto che lo rendono ai più oscuro, e sono essi triangoli, quadrati, cerchi, sfere, coni, piramidi — come dice GALILEO —, ma anche quello ingenuo che si apre ai più e che rende conto del come e del perchè delle cose più prossime, e specie di quelle che, come le umane, mostrano un nascere, un soffrire, un invecchiare, un morire.

Questa sua larghezza di mente e di animo verso il creato, non nacque tardiva in VOLTA: ma gli fu compagna fin dalla prima giovinezza. Già la vista, goduta nelle interminabili gite con l'amico GATTONI su per i monti del Lario, dei mille giuochi di luci e di tinte, dei mille quadri di linee e di forme — scenari aperti in alto verso l'azzurro del cielo, cupissimo talora, più spesso tenuamente velato di bianco, chiusi in basso dal profondo tranquillo riflesso delle acque —, avevano prevalso in lui giovanetto a persuaderlo alla vita di studio dei fenomeni naturali che non a quella del chiostro conventuale cui altri voleva avviarlo. Poi, quasi ancora ragazzo, a diciannove anni, quando dei fenomeni della natura conosceva le ragioni solo forse per quel tanto di appreso dalla lettura di libri e dalla osservazione diretta e ingenua del mondo circostante, non resse all'entusiasmo per i suoi studi, e si mise, ex abundantia cordis, a cantare in fluidi versi latini le maraviglie delle stagioni, le manifestazioni dell'oro esplosivo, la polvere pirica, i fuochi fatui. Si dirà che allora erano di moda nelle scuole i poemetti didascalici. Sì; ma se voi leggeste il passo nel quale viene descritta la fiammella che, agitandosi, segue il notturno visitatore dei cimiteri e che

«attonitum vulgus rediviva cadavera censet»,

vi persuadereste che in quegli esametri manca ogni freddezza scolastica, e che c'è invece qualcosa di più e di meglio della perizia del versificatore: c'è l'espressione viva del poeta sorpreso, estatico, pensoso....

E poi ancora, quando, nel 1776, girovagando in barchetto fra i canneti di Angera sul Lago Maggiore, e sommovendo con un bastone il fondo limaccioso, andava raccogliendo in bocce di vetro l'aria che gorgoglia dall'acqua, e la studiava sorprendendone la luce azzurrognola che bruciando essa dà; il suo intimo godimento, provato all'osservare quella fiammella cilestrina, il trepidare di essa, l'estinguersi con lieve suono di mozzo sospiro, trabocca irresistibile in mezzo alle aride e dotte digressioni con le quali riempie le sue lettere al Padre CAMPI, trattando e del flogisto e dell'aria deflogisticata e di quella infiammabile e di quella fissa....

In realtà, il sentimento della natura profondissimo fu in VOLTA, che, con l'ammirazione per tutto ciò che essa nel suo immenso teatro mostra, sentì diretto il suo linguaggio colpirgli il cuore e la mente.

E tra i primissimi giunse, superando la comune indifferenza, anzi la comune avversione, a comprendere anche e a godere quegli spettacoli immensi, maestosi, sublimi e al tempo stesso rudi, selvaggi, che la più tormentata montagna offre all'occhio umano. E questo è il VOLTA che

si rivela dalla *Relazione* da lui scritta a proposito del suo primo viaggio fatto in Svizzera attraverso il Gottardo.

* * *

Nel 1777, all'epoca del viaggio in Svizzera, VOLTA, che aveva allora trentadue anni, già si era conquistata alta risonanza tra i fisici di tutto il mondo. La vittoria conseguita nella polemica con Padre BECCARIA sulla elettricità vindice; l'acutezza e l'originalità della sua concezione dei fenomeni elettrici e in particolare la scoperta della relazione che intercorre — mi esprimerò con linguaggio moderno — fra capacità, carica e potenziale di un corpo conduttore; l'invenzione dell'elettroforo, conseguenza di quella polemica e di questa concezione; la scoperta dell'aria infiammabile delle paludi, del metano cioè, e di alcune proprietà naturali di questa; l'invenzione della pistola e dell'eudiometro, lo avevano già reso celebre sia in patria sia al di là della stretta cerchia della sua Como.

Da Como, dove allora era professore di Fisica nelle pubbliche scuole, non si era mai mosso, se non per le vicine città e i luoghi circostanti; ma i patri confini aveva già varcato con un intensissimo carteggio con i più accreditati scienziati stranieri. E desiderando ormai passare dalla conversazione scritta a quella parlata, nel 1777 chiese al conte CARLO FIRMIAN, imperiale e reale governatore del Lombardo Veneto, un sussidio per un «viaggio letterario» — come allora si diceva — da svolgersi all'estero. Il principe VENCESLAO KAUNITZ RIETBERG, grande ammiratore di VOLTA, appoggiò la richiesta; il FIRMIAN stesso se ne fece fautore presso la corte di Vienna; il principe CARLO di Lorena non mancò di dare il suo aiuto; e — conseguenza — il tesoriere del fondo per la Pubblica Istruzione del Lombardo Veneto, Don CARLO DE CHIUSOLE, fu dal governo invitato, il 17 luglio 1777, a versare a VOLTA la somma di 50 zecchini d'oro per facilitare a lui — dice il governatoriale rescritto — «il comodo di qualche viaggio scientifico».

Pochi giorni dopo VOLTA, ringraziando il FIRMIAN, gli comunicava di aver «disposto di fare nei due mesi di settembre e di ottobre un giro nei paesi degli Svizzeri e di giungere fino a Ginevra. Scorrendo tali paesi — soggiunge — e trattenendomi dove più cose incontrinsi osservabili, avrò il campo ancora di fare conoscenza e di legare commercio letterario con molti grandi scienziati uomini e di stringermi vieppiù con quelli, che già da qualche tempo m'onorano della loro corrispondenza.»

Il viaggio si sarebbe svolto, nell'andata, sulla grande strada del Gottardo.

Ed è proprio in quel viaggio che VOLTA si rivela tra i pochissimi uomini che allora fossero amici, entusiasti della montagna, di quelli — come avrebbe detto CORRADO VON GESSNER — «qui domi non torpent».

* * *

Per ben comprendere questo atteggiamento di VOLTA, e valutare esattamente il suo scritto per ciò che esso rivela del sentimento della

natura in lui, bisogna pensare all'orrore, al tedio, al disgusto che i più, anche nella seconda metà del Settecento, avevano per la montagna.

La tradizione in questo senso era antichissima e generalissima.

L'uomo primitivo e l'antico ebbero la montagna in angosciosa inquietudine, e nel loro sbigottimento la resero sacra, popolandola di spiriti, di dèi, di dèmoni e demòni.

Per i Romani le montagne furono addirittura luogo di terrore: gli «intonsi montes», la «aspera glacies» non corrispondevano affatto al loro gusto rurale formatosi al molle clima laziale. E se CICERONE stimava portentosi naturali le rocce precipiti, le buie caverne, le gole paurose; se PLINIO il Giovane (comasco anche lui, come VOLTA) godeva passeggiare su per i monti e sentirsi afferrare dal silenzio immenso che ne circonda e subire lo stimolo a meditare; i più, anche un SENECA, che pur ebbe non comune spirito di naturalista, ebbero a fastidio, a orrore i monti.

Questa avversione fu più che mai viva negli uomini del profondo medioevo; i quali poi, per le Alpi, causa la scarsa o nulla conoscenza che ne avevano per l'abbandono di gran parte della rete stradale romana alpina, nutrirono per esse un fosco, terrifico sentimento.

Solo verso la fine del medioevo, quando il mondo esterno comincia ad essere guardato con occhio diverso da quello che fino allora in ogni oggetto, dal fiore al sasso, dalla nuvola alla farfalla, aveva visto solo un monito divino, un «fidele signaculum nostrae vitae, nostrae mortis, nostri status, nostrae sortis»; quando al terrore per il creato subentrò la meraviglia negli animi; solo allora il sentimento della natura, qual fiore racchiuso in una gemma rimasta latente nel nostro animo, sempre serrata dal gelo della paura o del timore, comincia a dischiudersi ai primi tepori della rinnovata visione del mondo.

E i due grandi poeti della fine del medioevo, DANTE e PETRARCA, espressero il nuovo moto nell'animo umano. Quegli ebbe incidentalmente frasi che, con mirabile concisione ed efficacia, rivelano quanto interesse gli destasse la vista delle montagne; questi addirittura volle possederla solo per addolcire l'intima pena d'amore che la severa bellezza di essa dava al suo animo.

Chi non ricorda la descrizione, inviata a Padre DIONIGI di Borgo San Sepolcro, della ascensione sul Monte Ventoso nel Delfinato? Alla quale — ricordate? — fu portato, «ductus — come dice — sola videndi insignem loci altitudinem cupiditate». E prosegue: «Multis hoc iter annis in animo fuerat; ab infantia enim his in locis, ut nosti, fato res hominum versante, versatus sum. Mons autem hic, late undique conspectus, fere semper, in oculis erat....»

La montagna, ossessiva e repellente per gli antichi, diviene ora, per l'uomo nuovo, polo di irresistibile attrazione.

E come il PETRARCA, è LEONARDO DA VINCI, è Papa PIO II, ENEA SILVIO PICCOLOMINI.... Ma non tutti sentono ugualmente; il CELLINI, per esempio, il BENTIVOGLIO, il RUCELLAI parlano ancora delle Alpi come di luoghi orrendi, spaventosi, da fuggirne: guai a doverle passare, peggio a starci!

Giudizi ugualmente contraddittori esprimono gli uomini d'oltre Alpe. E anche presso i geografi del XVI secolo, la situazione non è diversa, se di contro a un SIMLER e a un GESSNER, orografi svizzeri del Cinquecento, fanatici della montagna, troviamo il MÜNSTER, loro coevo, che quella fugge e biasima.

Nè la situazione cambia per tutta la prima metà del Settecento; finchè JEAN JACQUES ROUSSEAU, esaltando la vita primitiva, non ecciterà animi e menti al godimento delle bellezze della montagna, e ORAZIO BENEDETTO DE SAUSSURE, svizzero anch'egli, non mostrerà con la sua celebre opera, *Voyages dans les Alpes*, come lo scienziato debba vedere, e cosa possa trovare nello studio, nella osservazione, nella contemplazione della montagna.

E col SAUSSURE, che giustamente devesi considerare l'instauratore degli studi scientifici della montagna, è VOLTA, proprio il VOLTA della *Relazione* del viaggio fatto nel 1777 attraverso il Gottardo, proprio di quella *Relazione*, inviata nel 1779, un anno prima che uscisse il primo volume dei *Voyages* del SAUSSURE, al conte CARLO FIRMIAN.

* * *

È dubbio se il valico del Gottardo fosse praticato dagli antichi; comunque è certo che la strada, che, giovandosi di quel valico unisce l'estremo settentrionale del Lago Maggiore con quello meridionale del Lago dei Quattro Cantoni, era già aperta nel XIII secolo dopo Cristo.

Non ostante le modificazioni apportate attraverso i tempi, il tracciato di essa, considerato nel suo andamento medio generale, è rimasto, per necessità orografiche, sostanzialmente immutato, tanto che chi confronti le antiche cronache dal Trecento al Settecento relative a qualche viaggio attraverso il San Gottardo, con la *Relazione* di VOLTA, e anche con quelle moderne di simili attraversate, ritrova sicuri accenni alle medesime località e ai medesimi scenari montani.

Il tracciato, voi certo ben lo conoscete, può così brevemente delinearsi.

Da Bellinzona la strada rimonta lentamente la Valle Leventina giungendo ad Airolo, ai piedi del San Gottardo. Quivi, dove la Valle Leventina torce a ponente cambiando nome in Val Bedretto, la strada si inerpica a settentrione insinuandosi nella Val Tremola. Lasciata dietro di sè, a sinistra, il Monte Fibbia e l'Alpe di Fieudo, si porta sotto il Monte Prosa, a occidente di questo, e raggiunge il valico, distendendosi per breve tratto, quasi in piano, sul fondo di una selletta, tra piccoli laghetti montani. Prosegue poi per il versante settentrionale nella Valle della Gotthard-Reuss (la «Russa», dirà VOLTA), raggiungendo prima Hospenthal, poi Andermatt nella Valle Orsera, donde precipita giù per le gole delle Schöllenen, giungendo a Göschenen, e di qui dolcemente ad Altdorf e infine al ramo meridionale del Lago dei Quattro Cantoni.

Erano al tempo di VOLTA punti particolarmente celebrati per l'arditezza della strada, al di qua del valico le ripide e strette rampe della Val Tremola, e dall'altra parte, l'Urnerloch, cioè il traforo (lo

«sforo», come dice VOLTA) in terra d'Uri, costruito sessant'anni prima da PIETRO MORETTINI in sostituzione dello «Stiehendebrücke», che era una specie di passerella sospesa sullo strapiombo di una parete rocciosa, e infine alcuni esili ponti, a prominente schiena d'asino, tra cui, quello famoso del Diavolo, il «Teufels Brücke», gettato paurosamente sulla Reuss impetuosa.

Qualche rara baita, qualche piccolo agglomerato di case s'incontrava, ai tempi di VOLTA, lungo la strada tra Airolo e Hospenthal. Sola, e proprio al passo, alzava la Croce la chiesetta dell'Ospizio dei Cappuccini, tardivo rifacimento della primitiva casa di asilo, costruita dal Vescovo GALDINO di Milano nel 1171, prima ancora che la strada fosse aperta.

* * *

Lo scopo del viaggio di VOLTA era di avvicinare — come aveva dichiarato al FIRMIAN — «molti grandi scienziati uomini» d'oltre Alpe; e, in pari tempo, compiere osservazioni fisiche, trattenendosi «ove più cose incontrinsi osservabili».

Partendo portava con sé un vero e proprio strumentario scientifico: due barometri portatili coi quali misurare le altezze; un eudiometro col quale saggiare, alle varie stazioni del viaggio, il grado di salubrità dell'aria (cioè il contenuto di ossigeno); un piccolo apparato per fare l'aria infiammabile metallica (cioè l'idrogeno) e l'esperienza con la pistola; tutto un reagentario chimico per riconoscere le varie qualità di pietre, le calcari, le ferruginose ecc.

Nelle osservazioni scientifiche lo aiutarono i compagni di viaggio, che furono, da Como a Lugano, il conte GIAMBATTISTA GIOVIO, amicissimo di VOLTA, da Lugano a Zurigo, il conte FRANCESCO VISCONTI e l'Abate VENINI, e infine, nel ritorno, da Zurigo a Como (attraverso il Moncenisio, però), di nuovo e solo il GIOVIO.

Lungo l'andata, da Como a Lucerna, furono eseguite con grande scrupolo le determinazioni barometriche dei dislivelli tra le varie località raggiunte; in particolare venne così determinata la altezza dell'Alpe di Fieudo, vicino alla Fibbia, sulla sinistra ascendendo la Val Tremola.

Partito da Como il mercoledì 3 settembre, VOLTA raggiunge il passo del San Gottardo la domenica 7 settembre; quivi si trattenne all'Ospizio dei Cappuccini due giorni, raggiungendo Altdorf la sera del 9 settembre.

È da ritenere che VOLTA prima del suo viaggio attraverso il San Gottardo, non conoscesse la montagna nel suo volto più duro, scarno quale ha, dove l'azione consumatrice del tempo si fa maggiormente sentire. Egli doveva aver conosciuto solo le montagne del suo lago; le quali, salvo in qualche punto, come sulle cime sopra Lecco, nelle Grigne, appaiono dolci e miti nel loro lussureggiante vestito arboreo. E quindi lo spettacolo, offerto dalla montagna orrendamente nuda del San Gottardo, deve avere prodotto impressione profonda nel suo animo.

E questa impressione egli fissa nella parte centrale del suo scritto inviato al FIRMIAN, pur legandola ad acute considerazioni scientifiche sull'estrema vecchiezza della Terra, quale appunto la vista del Gottardo gli rivelava.

La questione non era del tutto nuova: basti ricordare lo scritto di KANT *Die Frage ob die Erde veralte, physikalisch erwogen*, pubblicato nel 1754; ma VOLTA filosofo supera KANT fisico, e di colpo, senza percorrere una lunga e minuziosa lista di prove, raggiunge poderosamente lo scopo: egli aveva compreso e tradotto in parole umane il linguaggio della natura.

* * *

Il linguaggio della natura: qui sta la questione.

In esso è certo l'origine prima di tutti quei «sentimenti» che essa sommuove nell'animo umano, tra cui quello indefinito che va appunto sotto l'indefinita locuzione di «sentimento della natura».

Suscitato nei primi uomini per la meraviglia, lo stupore, lo sgomento prodotti dalla vista dei fenomeni naturali; presto divenuto timore o paura per esseri extranaturali nascosti in ogni oggetto e autori di ogni divenire, nemici o amici tra loro e a lor capriccio amici o nemici o indifferenti verso gli uomini; comunque superbamente espresso dai poeti antichi per la purezza con la quale la natura è da loro figurata; smorto o morto affatto nel medioevo per un non saper gli uomini vedere in ogni cosa, se non per *speculum et aemigmata*, altro che un simbolo, un monito dell'al di là; cotesto sentimento ebbe il suo giusto posto e significato nell'intuizione umana del mondo, quando, precorsi dall'atteggiamento profetico di alcuni pochi uomini del tardo medioevo — ricordammo or ora il PETRARCA — sbocciarono, dal logorio intrinseco ed estrinseco della scienza medioevale, l'Umanesimo e il Rinascimento.

E come ogni altro moto dell'animo umano, anch'esso dapprima, per la novità, produsse sbigottimento e quasi sofferenza (chi non ricorda l'incantata, penosa domanda di LEONARDO: «La luna densa e grave, densa e grave come sta la luna?»), e poi compiacimento, esultanza e orgoglio: «*Magnam equidem — prorompe esortando GALILEO nel *Nuncius* — in hac exigua tractatione singulis de natura spectantibus inspicienda contemplandaque propono. Magna, inquam, tum ob rei ipsius praestantiam, tum ob inauditam per aevum novitatem...*»

Ma ben presto quel sentimento, direbbe il GIUSTI,

«... la Scienza sua figliola
l'uccise per veder come era fatto»;

voglio dire, più propriamente, che lo tradusse in un linguaggio ermetico di iniziati, dove il simbolismo matematico prevale e forse prevarica sull'intuizione; per cui col LEOPARDI verrebbe voglia di concludere che «nemica della Natura non è la ragione, ma la scienza e cognizione».

Ma qui il discorso traligna.

Osserveremo piuttosto che è confortante rilevare come, quando già, sul finire del Settecento, questo processo di ermetizzazione del sentimento della natura si andava iniziando, un italiano, VOLTA, sapeva ancora trovar parole profondamente umane e rigorosamente scientifiche per esprimere le sensazioni immediatamente in lui destate dalla vista del San Gottardo; le quali, per magistero d'arte non meno che di scienza, nuovamente si destano, tuttavia, in chi quelle parole legga o ascolti, generando in costui quella medesima profondità di sentimento che l'animo sensitivo di chi scrisse provò per sensazione diretta.

La parola stabilisce così un profondo legame tra natura e uomo e, umanizzando quella, opera il miracolo: le due creature trovano, in un sublime amore, quiete e comprensione reciproca.

Ascoltate.

* * *

«... le altissime rupi scoscese e diroccate; i massi incavati e pendenti, che minaccian rovina; i gran pezzi già divelti e portati al basso, onde sorgono ammassi immensi di rottami ammontati; il fracasso e l'innabissamento delle acque nelle cupe voragini della valle dirupata, valle visibilmente scavata dalle stesse acque, che in que' dirupi si sono aperte il passaggio; gl'altri torrenti minori, ma nulla meno formidabili, che solcano i fianchi logori dei monti a destra e a sinistra della valle principale, a cui vanno a riunir le acque loro; il complesso e l'aspetto di tali cose offre ai sensi sopraffatti, e alla meditazione profonda che succede, argomenti parlanti della estrema vetustà di questo nostro globo. Così è: quelle alte cime, e le parti superiori della valle hanno un'aria di decrepitezza, che ferisce lo sguardo, e ch'è impossibile di non ravvisare. I screpoli, le spaccature, i scoscendimenti, lo sfacelo, dirò così, universali di que' dorsi immani, sono solchi impressi dal tempo distruggitore, o a parlar più giusto, sono le tracce che rimangono dell'azione inefficiente e combinata degli elementi, che da una serie lunghissima e al nostro pensiero inarrivabile di Secoli operano sopra quelle masse enormi, quanto più elevate, tanto più esposte all'impeto dei venti, delle procelle, e dei turbini, alle nevi, alle vicende d'umido e di secco, di ghiaccio e di sgelamenti. Siffatti diroccamenti e rovine in parte saranno effetti di cause violente, che agiscono per intervalli, e per così dire a scosse; in parte di altre cause che per essere più lente e tranquille non son meno possenti, siccome quelle che sono continue. Quando si riflette a queste e a quelle cagioni di degradazione de' Monti altissimi; quando una volta si porta l'occhio in giro a quelle balze e dorsi petrosi, logori, sfasciati, diroccati, tosto si presenta al pensiero già atterrito da tal immagine di distruzione universale un'idea delle rovine ancor più strepitose, che menar deono i torrenti, che nelle grosse piene d'alto piombano in un coi gran massi travolti e rotolati, e si precipitano ne' gorgghi. E già corre l'immaginazione a figurarsi come quà si formino dall'ammucchia-

mento delle rovine e de' rottami nuove montagne, là le poc'anzi formate si demoliscono, mentre le antiche altamente percorse ne' fianchi e nelle radici soffrono i più gran crolli.

Nel tempo che tutta l'anima è assorta da tal meditazione, e compresa da sì grandi oggetti, l'occhio è anche incantato (a misura che ci avanziamo nella valle salendo) dalle prospettive terribili insieme e maestose de' dirupi; delle superbe cascate; del fiume medesimo, che allato della strada sovente angusta e rovinosa, e sotto d'essa alla profondità quando di 300 quando di 500 e più piedi, mugge orribilmente e spumeggia rompendosi contro il nudo ceppo irsuto, e i macigni giù al fondo precipitati; finalmente degli accidenti d'ombra e di luce, che si riflette dalle creste sassose, si perde nei seni, si rifrange dai ghiacci, si oscura nelle piante di Abeti e Tassi, quai vegeti quai già cadenti e infradiciati, sparsi qua e là sul dorso medesimo delle rupi scabre e inaccessibili. Soprattutto l'occhio è colpito e il cuore commosso dal bel contrasto e magnifico di una valle deliziosa ed aperta, ricca di bei pascoli, e popolata da pingui mandre, che succede immediatamente ad una gola buja, stretta e profonda, il cui aspetto sgomenta il passeggero. Tale è la valle tra Orsera e l'Ospedale [Hospenthal]. Venendo da Altorf [Altdorf] si sale per molte ore la valle del Reuss, che sempre più si restringe, e sempre più le rupi addossate sopra le rupi vi si ergono altiere e minacciose, e il nudo delle loro viscere ne si mostra dagli aperti fianchi; si passa il famoso Ponte cognominato del Diavolo (Teufels Brücke)....

Non è questo il solo ponte arditamente gettato sopra la valle innabissata, e sorretto dal ceppo nudo, il qual faccia strada da un monte all'altro; ma egli è il più notevole e maraviglioso tra i molti di questo genere che s'incontrano in quel tremendo cammino, per la prospettiva terribile che offre sì da lontano che da vicino. Qui può dirsi che segga come in suo trono la Deità del terrore. Nude rupi altissime soprastanti; strada, e ponte sopra la Russa, che si sprofonda in un abisso spaventoso, sostenuti come per miracolo; di sopra il fiume medesimo formante una cascata lunga forse 300 piedi da un'altezza che perpendicolarmente presa è più di 100, cascata che si vede in distanza rovesciarsi sopra il ponte medesimo e lungo esso scorrerne in parte le acque in parte percuoter di quello il gran fianco arcuato, e quindi spezzate precipitar nel gorgo; tutto ciò unito insieme forma uno spettacolo, che invano mi sforzo di descrivere; spettacolo, che un essere sensibile e pensante mirar non può, per la prima volta almeno, senza tremare ed agghiacciare. Un'altra situazione che a me è parsa non men terribile, è di quà del S. Gotardo sotto il così detto Dazio grande. Ivi le rupi che son d'attorno serrate e altissime quasi non lascian vedere il Cielo; sortono alcune dal perpendicolo, e inclinate pendono sopra la valle, cui minacciano di coprire. Lo spettatore non può alzar l'occhio nè abbassarlo alla valle sfondata, senza sentirsi stringere il cuore: quì non ode, non parla: quì tutta in un pensiero è concentrata la sua esistenza. Ma che vo io parlando di questa o quella situazione terribile, se ad ogni passo di tali se ne incontrano in quel viaggio; se quasi null'altro si affaccia al passeggero per ore ed

ore, che dirupi, e rovine sovrastanti al capo, e precipizi aperti sotto de' piedi? Sovente sopra la valle profondissima, che gonfia e spumante romoreggia, altro piano non avvi che quello della strada angusta tagliata nel nudo ceppo; e a luogo a luogo sostenuta da' muri fondati a gran profondità sopra punte di scogli; e in tal sito dove s'incurva addentro in un col monte la strada, e la valle più s'inabissa, una larga cascata d'acqua dal ciglion della roccia soprastante piomba sulla strada medesima, e di là rotta balza nel profondo. Ho già parlato de' pezzi di sasso orribilmente grossi, talvolta di centinaia di piedi, che sonosi dalle rupi staccati e precipitati al basso, d'altri che stanno sull'orlo delle prominenze e minacciano a ogni momento la caduta, e di quelli finalmente che arrestati nel corso da piante od altro e l'uno all'altro addossati non aspettano che un'acqua impetuosa che gli strascini, od un semplice urto che li travolga....

Ora mi resta a dire qualche cosa del S. Gotardo medesimo, cioè da quella pianura più elevata, ov'è situato l'Ospizio de' Capuccini, e dove si trovano alcuni laghetti. Quivi non più cascate, non più precipizi ed abissi sotto de' piedi: non v'ha niente di terribile per la vista, fuori che il tetro aspetto desolante di sassi nudi sterilissimi, fessi e marcati da tutte quelle tracce di vetustà e decrepitezza, di cui ho già parlato. Non avvi colassù nè pianta, nè virgulto; e cotale nudità s'estende per ben tre ore di viaggio cominciando dopo un gran bosco di pini sopra Airolo, e non terminando che fin verso la valle d'Orsera dall'altra parte, eccetto qualche raro arbusto che cresce, ma non su nel più alto; perocchè ivi la natura vegetabile è ristretta al muschio tenace che vive anche sotto le nevi, e a poche altre erbe che nascono singolarmente sul margine di que' laghetti; e la natura animale alle camozze solinghe abitarrici de' dirupi, alla Passera delle Alpi sempre triste e gemente e a qualche augello di passaggio.... Già i laghetti, che il più dell'anno rimangono gelati, non nodriscono alcuna sorta di pesce. Insomma se al principio della salita si offrono al viaggiatore de' siti di un bell'orrido, ove la Natura fa pompa di sua maestà gigantesca; se avanzando verso il centro de' gran monti incontra situazioni d'aspetto più terribile, quali sono le già descritte del Ponte del Diavolo, del Dazio grande, ed altre molte; quì sopra il S. Gotardo, nudo, deserto, desolato, vede, e sente spirar qualche cosa di peggio del terrore, l'immagine della morte....»¹

* * *

Che dire ancora di questa pagina voltiana dove il sentimento della natura trabocca nella pittura della estrema vecchiezza della Terra?

Questa vecchiezza è l'elemento puramente scientifico intorno a cui si aggira lo scritto; ma questo elemento non riempie la scena, che lo scritto stesso suscita davanti alla mente. La vera *dramatis persona*

¹ Il passo qui riportato è tolto dalle pagine 480-483 del volume I dell'*Epistolario di Alessandro Volta*, Edizione nazionale (Bologna, Nicola Zanichelli, 1949).

è l'indeficiente azione corroditrice del tempo; che alla morte fatalmente sospinge, non che la Terra, ogni altra cosa. Leggendo VOLTA sembra di sentirla cadere questa «neve dell'eternità» — come poi dirà il PASCOLI —, questa neve, il tempo, che cancellando ogni cosa rende l'Universo «una cripta di morti astri, di mille fossili mondi..., un sepolcreto».

Ma con lo stesso Poeta di Castelveccchio, che — direi — fu presago delle nuove scoperte della Fisica, da questa visione di morte si risale alla vita con lui sclamando:

«Questa, la morte! questa sol, la tomba...
se già l'ignoto Spirito non piova
con un gran tuono, con una gran romba;

e forse le macerie anco sommuova,
e batta a Vega Aldebaran che forse
dian, le due selci, la scintilla nuova;

e prenda in mano, e getti alle lor corse,
sotto una nuova lampada polare,
altri Cigni, altri Aurighi, altre Grand'Orse;

e li getti a cozzare, a naufragare,
a seminare dei rottami sparsi
del lor naufragio il loro etereo mare;

e li getti a impietrarsi e consumarsi,
fermi i lunghi millenni dei millenni
nell'impetriarsi; ed in un attimo arsi;

all'infinito lor volo l'impenni,
anzi no, li abbandoni all'infinita
loro caduta: a rimorir perenni:

alla vita alla vita, anzi: alla vita!»

L'idée de preuve dans les sciences

Symposium du 6 septembre 1953, organisé par la Société suisse de logique et de philosophie des sciences

Président: B. ECKMANN

Rapporteurs: F. FIALA, H. GOLDMANN, H. KÖNIG, A. PORTMANN

Exposé de F. Fiala:

En français, le terme de «preuve» a un sens très étendu, notamment plus large que celui de «Beweis». Je me bornerai à l'évoquer par trois exemples:

- 1° Dans la quatrième partie du Discours de la méthode, Descartes donne «les preuves de l'existence de Dieu et de l'âme humaine ou fondements de la métaphysique».
- 2° Dans l'Introduction à la médecine expérimentale, Claude Bernard explique comment «un fait n'est rien par lui-même, mais ne vaut que par l'idée qui s'y rattache ou par la preuve qu'il fournit».
- 3° Dans le Cours d'analyse mathématique de G. Valiron, on peut lire: «Liouville avait prouvé directement l'existence des nombres transcendants... Hermite montra en 1873 que le nombre e , base des logarithmes népériens, est transcendant; Lindemann démontra en 1882 que π est également un nombre transcendant.»

C'est en tant que mathématicien que j'ai à vous présenter quelques remarques sur la manière dont la preuve se présente dans ma discipline. Ma tâche semble peut-être relativement facile. La méthode du mathématicien, direz-vous, n'a-t-elle pas été définitivement fixée par les géomètres grecs? Ne consiste-t-elle pas à:

- 1° Dresser la liste complète des notions fondamentales qu'il va employer,
- 2° formuler sous forme d'axiomes toutes les relations qu'il pose entre ces notions fondamentales,
- 3° déduire suivant les règles de la logique les conséquences univoques et nécessaires des axiomes?

L'idée de preuve dans les mathématiques ne se réduit-elle pas, sous le nom de démonstration, à cette troisième activité, à la déduction logique?

Cette opinion est largement répandue et les mathématiciens eux-mêmes ont contribué à la propager. Certains logiciens ont été jusqu'à prétendre que toute la science mathématique était réductible à un ensemble de tautologies, c'est-à-dire d'identités logiques, mais de sérieux amendements ont dû atténuer ce point de vue extrême.

Pourtant nombreux sont encore ceux qui considèrent le climat déductif comme seul légitime, soit comme un idéal vers lequel doit tendre toute la structure mathématique, soit comme un état suffisamment réalisé dans de nombreux secteurs pour suffire à protéger leurs travaux de «ces inquiétudes que nous cultivons sous le nom de philosophie», comme disait Jules Tannery. En fait, bien des mathématiciens démontrent des théorèmes, établissent des formules, mais seraient assez embarrassés d'expliquer exactement en quoi cela consiste. On pense à la vieille boutade de Russell: «Les mathématiques sont la science où l'on ne sait jamais de quoi l'on parle, ni si ce que l'on dit est vrai.»

Ces constatations ne constituent pas un reproche. Sans analyser les détails de ses raisonnements, le mathématicien peut assurément faire, par habitude ou instinctivement, un usage pratiquement efficace de la démonstration; pour penser juste, il n'est pas nécessaire d'avoir développé préalablement une théorie complète de la déduction logique, de la psychologie du raisonnement ou de la physiologie du cerveau.

Toutefois une étude *a posteriori* du raisonnement mathématique avec l'intention d'en dégager les éléments logiques essentiels peut présenter quelque intérêt.

Il ne peut être question d'entrer ici dans le détail de ces théories qui exigent tout un appareil formel. Permettez-moi simplement de signaler que si certains des espoirs exprimés par Hilbert, il y a une cinquantaine d'années, se sont révélés trompeurs, la théorie a permis de résoudre plusieurs des questions que posent les systèmes axiomatiques et surtout de préciser les problèmes.

Revenons à l'activité du mathématicien, telle que nous l'avions résumée un peu plus haut en trois étapes. Trois remarques nous montreront que ce portrait était un peu trop sommaire et schématique.

Demandons-nous tout d'abord en quoi consiste cette logique qui serait l'instrument unique dont se servirait le mathématicien pour administrer ses preuves. On sait qu'elle ne se réduit pas à la seule logique aristotélicienne. D'une part parce que le mathématicien se borne à marquer les étapes de son raisonnement et que dans ses syllogismes une au moins des prémisses est souvent implicite.

D'autre part, à cause de l'introduction inévitable de nouvelles opérations logiques destinées à exprimer par exemple l'existence d'un élément au moins possédant telle ou telle propriété ou bien la validité d'une propriété pour tous les éléments d'une certaine classe.

Pour tenter de recouvrir tout le champ de la démonstration mathématique, on a dû avoir recours à des notions de plus en plus compliquées qui, pour être clairement saisies, ont nécessité la création de formalismes appropriés. Ces formalismes ont alors posé leurs propres problèmes,

qui sont loin d'être résolus de manière définitive. Ainsi cette théorie qui devrait assurer la rigueur de la démonstration mathématique est elle-même en devenir et en plein développement.

Ma deuxième remarque portera sur les notions fondamentales et les axiomes. Le grand mérite des mathématiciens grecs a été de reconnaître que le nombre des notions et des axiomes pouvant servir de base à la géométrie était fini. Quant à la justification des axiomes, ils avaient réussi à éviter ce problème en refoulant les vérités mathématiques dans le monde des idées.

C'est peut-être un certain cartésianisme, sinon Descartes lui-même, qui poussa à admettre que les axiomes étaient ou devaient être évidents. De cette exigence devait naître une situation intolérable lorsqu'on découvrit la possibilité et la légitimité d'autres géométries. Pour sortir de l'impasse, on prétendit poser les axiomes comme de pures hypothèses, sans avoir de compte à rendre ni à une évidence sensible ni à une évidence intérieure. Le caractère hypothético-déductif des mathématiques est encore la doctrine épistémologique de nombreux mathématiciens. On connaît la souplesse et la richesse dont nos structures lui sont redevables.

Toutefois, si l'on examine comment la plupart des mathématiciens raisonnent en fait sur des notions telles que figures géométriques, nombres, fonctions, ensembles, etc. on constate qu'ils opèrent sur des êtres bien plus que sur de pures hypothèses, êtres abstraits et mentalement construits assurément mais peut-être pas si éloignés qu'on l'imagine de certaines notions fondamentales que l'on rencontre dans les autres sciences.

Il est arrivé que certains mathématiciens, en cherchant à redonner un contenu plus significatif aux notions fondamentales, aient été conduits à mettre en doute la légitimité de certains procédés utilisés dans la mathématique classique. C'est ainsi que l'intuitionisme a refusé l'application inconditionnelle du raisonnement par l'absurde et du principe logique du tiers exclu. D'autres logiques encore sont apparues. Quoique assez contestées au début, on en reconnaît aujourd'hui la légitimité formelle, ainsi que la légitimité des diverses mathématiques qui en dépendent.

Il ne faut pas exagérer l'importance de ces nouvelles théories, qui sont beaucoup moins fécondes et moins développées que les mathématiques classiques, mais la possibilité même de leur existence doit nous rendre prudent dans nos vues sur une certaine nécessité ou sur la légitimité inconditionnelle des démonstrations mathématiques telles que nous les pratiquons.

Je voudrais rappeler en guise de troisième remarque les observations faites récemment par M. Polya au sujet de l'induction dans la recherche et dans l'enseignement mathématique. À côté des conclusions démontrées pas à pas, il propose d'examiner le rôle joué par des affirmations plausibles. Les premières relèvent de la logique déductive, les secondes d'une logique inductive ou heuristique. L'expérimentation, telle que la

pratiquait Euler sur les nombres, permet de faire des conjectures et de les vérifier parfois presque jusqu'à l'évidence. Il est même possible d'établir une certaine gradation dans la plausibilité de ces conjectures. C'est ces procédés qu'il s'agit de revaloriser, soit qu'ils constituent notre unique moyen d'information dans certains cas, soit qu'ils représentent les premiers pas vers une démonstration complète dans d'autres cas.

En me bornant à ces trois remarques, j'ai voulu souligner seulement un des aspects trop facilement négligé de la preuve dans les mathématiques, à savoir qu'elle n'est pas entièrement réduite à la démonstration logique, et que cette réduction même, dans la mesure où on peut l'effectuer, présente encore ses propres problèmes.

Referat von H. Goldmann:

Über die *Idee der Beweisführung in der Medizin* wäre eigentlich nicht viel zu sagen. Sie ist wohl in allen Wissenschaften gleich. Verschieden ist die Beweisführung selbst insofern, als das Material, das verwendet wird, verschieden und die Methodik der Aufbereitung dem Stoff angepaßt ist.

Alle *experimentellen* Wissenschaften können die Tatsachen beliebig häufig hervorrufen oder gleiche Zustände bei periodischen Abläufen wiederholt beobachten. Soweit Medizin experimentelle Medizin ist, gilt dies auch von ihr; sie ist dann in ihrem Aufgabenkreis ein Teil der Biologie. Anders wird es in der eigentlichen Domäne der Medizin, der Beschäftigung mit dem Kranken. Hier stellt im Grunde jeder einzelne Fall ein historisches, also einmaliges Ereignis dar. Unter Weglassen dessen, was man unwesentlich nennt, wird ein Gemeinsames aus den Historien extrahiert, das Krankheitsbild; es wird gegen andere Krankheiten abgegrenzt, und erst eine wirklich saubere und vor allem berechnete Abgrenzung gestattet dann, die Frage seiner Entstehung anzuschneiden. Dann können Beweisverfahren angewendet werden, wie sie überall in jenen Naturwissenschaften üblich sind, die wenig mathematisiert sind, d. h. vielfach statistische Verfahren.

Das erste, was immer wieder auffällt, ist die Unvollständigkeit des Materials. Das bedingt, daß unser Beweisverfahren nie weiter gehen kann, als zu zeigen, daß das bisher Gefundene mit dem zu beweisenden Satz nicht in Widerspruch steht. Weil das Material unvollständig ist, folgt, daß es nicht so selten mit verschiedenen Deutungen vereinbar ist. Nun findet man dies schließlich auch sonst in der Naturwissenschaft. Dort hat ein metaphysisches Kriterium, nach dem die «richtigste» Deutung ausgesucht wird, Anerkennung gefunden: Die einfachste Deutung sei die richtige. Bei uns ist dieses ökonomische Auswahlprinzip zumindest unzuverlässig, wenn nicht sogar unzulässig. Ein Beispiel möge dies veranschaulichen. Wir wissen seit langem, daß es entzündliche allgemeine (z. B. rheumatische) oder – um bei meinem Gebiet zu bleiben – schwere lokale intraokulare Erkrankungen gibt, die bei operativer Ent-

fernung kranker Tonsillen oder Zähne abheilen. Was liegt näher, als anzunehmen, der Herd, von dem aus diese entzündlichen Erkrankungen entstanden sind, seien die eitrigen Mandeln oder die Zahngranulome. Ich bin überzeugt, daß dies vielfach auch so ist. Aber es muß einen stutzig machen, daß es öfters vorkommt, daß *heute* die Mandeln entfernt werden und schon *morgen* die Entzündungserscheinungen am Auge – in an ein Wunder gemahnender Weise – fast verschwunden sind. Heute wissen wir, daß unter schweren psychischen oder körperlichen Belastungen, «stress» ist der Fachausschlag, die Hypophyse ein Hormon abgibt, das die Nebennierenrinde veranlaßt, ihrerseits eine Reihe von Hormonen auszuschütten, unter denen das wichtigste das Cortison ist. Dieses Hormon ist imstande, Entzündungsprozesse radikal abzustoppen; denn Entzündungsprozesse sind ja nicht die direkte Wirkung eines Mikroorganismus, sondern Reaktion des Makro- auf den Mikroorganismus. Wenn ich also jemandem einen Zahn ziehe oder die Tonsillen wegnehme, so kommt es zu einer – vom Chirurgen gar nicht vorgesehenen – entzündungshemmenden, rheumabeseitigenden Stress-Reaktion, die oft wie ein Wunder schlagartig alle Beschwerden beseitigt. Dieses Beispiel illustriert, daß die häufig angewandte einfache und einleuchtende Beweisführung: Entfernung eines Herdes an einer Stelle, Heilung einer Krankheit an einer andern Stelle, also diese Erkrankung Folge jenes Herdes, nicht zulässig ist, sondern daß nur der Zusammenhang der wirklichen Manipulation mit dem wirklich gesehenen Resultat festgestellt werden darf, wobei selbst an dem Worte «wirklich» noch herumgedeutet werden kann. Daß aber das Kriterium der Einfachheit keinen Beweiswert hat, bedeutet nicht, daß eine einfache, nicht widerlegte Erklärung nicht aus denkökonomischen Gründen vorläufig akzeptiert werde; es bedeutet nur, daß wir immer auf die Revision, und zwar auf die abenteuerlichste und komplizierteste Revision der Deutung gefaßt sein müssen.

Oben sprachen wir vom Material und sagten, es sei meist unvollständig, was nichts Besonderes in den Naturwissenschaften wäre. Und doch gibt es zwei nur der Medizin eigentümliche Unvollständigkeiten des Materials: 1. Was jeder versteht, das Material, das wegen unvermeidbaren Zeitmangels nur so weit vervollständigt werden darf, bis es uns zwar nicht eine sichere Diagnose liefert, wohl aber uns ein bestimmtes rasches – oft lebensrettendes – Handeln vorschreibt. Weiteres Material sammeln hingegen wäre lebensgefährliche Zeitversäumnis. 2. Das Material, das aus ethischen Gründen nicht vervollständigt werden *darf*. Ein Beispiel: Als in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die passive Schutzimpfung gegen Diphtherie aufkam, vergaß man den klassischen Versuch zu machen, die Hälfte der Fälle zu behandeln und die andere Hälfte unbehandelt zu lassen. Die Tierversuche vorher und die Ergebnisse der Impfungen in den nächsten Jahren schienen aber eindeutig die große Wirksamkeit der passiven Schutzimpfung zu beweisen. Bald wurde jedoch klar, daß die Resultate von Tierversuchen nur mit großer Vorsicht auf den Menschen übertragen werden dürfen.

Später stellte sich heraus, daß die Diphtherie gerade in dieser Zeit als Erkrankung benigner wurde, also zumindest ein Teil der verminderten Sterblichkeit auch damit zusammenhängen mußte. Aber kein Mensch durfte mehr den Versuch unternehmen, unbehandelte Kontrollen und behandelte Fälle zu vergleichen, und eventuell so Menschen in Lebensgefahr bringen. Nur am Anfang war ein solcher Versuch erlaubt.

Das Material ist aber nicht nur unvollständig, es ist oft gefälscht, und da ich als Arzt – und dies zeigt Ihnen wieder typisch den historisch-geisteswissenschaftlichen Einschlag der Medizin – da ich also als Arzt Krankengeschichten zu erzählen gewohnt bin, will ich Ihnen einen ganz typischen Fall, der verschiedene der Fälschungsmöglichkeiten demonstriert, erzählen: Man war vor ungefähr fünfzehn Jahren schließlich so weit gekommen, daß es gelang, sechs bis sieben Monate alte Frühgeburten mit einem Gewicht bis herab zu 800 Gramm am Leben zu erhalten, seitdem man sie nicht nur in exakt temperierten und sterilisierten Cuvetten unter exakt definierten Ernährungsbedingungen hielt, sondern auch die gefürchteten Asphyxien durch eine Atmosphäre von hohem Sauerstoffgehalt hintanhalten konnte. Alles schien in bester Ordnung. Da trat eine furchtbare Krankheit bei diesen Frühgeburten auf: Viele erblindeten an einer Netzhautveränderung, genannt Fibroplasie. Was diese Krankheit bedeutet, geht daraus hervor, daß in den USA ein Drittel der vorschulpflichtigen blinden Kinder durch sie ihr Augenlicht verloren haben. Was uns hier interessiert, ist die Materialbeschaffung, um die Ursache der Erkrankung zu finden: die erste Schwierigkeit bestand darin, die Krankheit selbst klar abzugrenzen. Kaum hatte man nämlich aus Amerika von der neuen Krankheit gehört, begann in der ganzen Welt der fieberhafte Wettlauf derer, die wenigstens als erste in ihrem Land die Krankheit gesehen haben wollten. Effekt: Es werden alle möglichen Erkrankungen von Neugeborenen als Fibroplasie beschrieben. Sie gehen in die Literatur ein und fälschen das Bild, besonders aber die Kenntnis von den Bedingungen, unter denen die Erkrankung wirklich auftritt: man behauptet, sie nicht nur bei Frühgeburten zu finden, nicht nur bei Kindern, die in Cuvetten aufgezogen wurden, und vielerlei mehr. So muß also zu allem noch dieses Gestrüpp wieder weggeräumt werden, was oft entsetzlich schwer ist. Nun glaubt man endlich nach Jahren herausgefunden zu haben, die Erkrankung habe mit der übermäßigen Sauerstoffzufuhr in den Cuvetten etwas zu tun, und jetzt passiert folgendes: In Straßburg sind zwei Säuglingsabteilungen; in beiden der gleiche Chefarzt, in beiden die gleiche Behandlung der Frühgeburten in O₂-durchströmten Cuvetten. Zwei verschiedene Assistenten der Universitätsaugenklinik untersuchen regelmäßig die Frühgeburten. In der einen Klinik werden ununterbrochen Fälle von Fibroplasie registriert, in der andern kein einziger Fall. Die hohe Sauerstoffkonzentration kann es nicht sein, denn alles ist in beiden Spitälern gleich; dafür bürgt der gleiche Chef. Ein genius loci? Eben ist der Direktor der Augenklinik daran, zu einem Kongreß zu fahren, wo er an diesem Beispiel beweisen will, daß unmöglich der hohe O₂-Gehalt der Cuvettenluft die

Ursache der Fibroplasie sein kann, da kommt der Untersucher aus dem fibroplasiefreien Spital in die Klinik und sagt, er glaube, man müsse mit der Oberschwester vorsichtig reden; die wisse etwas. Bei diskreter diplomatischer Verhandlung mit der alten Oberschwester ergibt sich: sie sei immer gegen den modernen Unsinn mit der Sauerstoffatmung gewesen, und wenn der Chefarzt 60% Sauerstoff verordnet habe, habe sie 30 gegeben.

Ich wollte Ihnen mit diesem Beispiel zeigen, wie die Wirklichkeit medizinischer Beweisführung aussehen kann. Natürlich, die *Idee* der medizinischen Beweisführung ist, wie gesagt, die gleiche wie die der Mathematik.

Referat von H. König:

Mit dem nicht in *einem* Ausdruck ins Deutsche wiederzugebenden Stichwort «*preuve*» wollte man offenbar auf breiter Basis den Fragenkomplex der Erprobung auf Richtigkeit, «Probe aufs Exempel», Stichhaltigkeit, Beweiskraft, also den Fragenkomplex der *Art und Leistungsfähigkeit der inneren Kontrolle der Wissenschaften* vergleichend zur Diskussion stellen.

Zuerst einige *gegensätzliche Momente*. Von der Mathematik, über die berichtet wurde, unterscheidet sich die *Physik*, von der im vorstehenden Referat die Rede sei, bekanntlich in mancherlei Hinsicht, wobei ich hier nicht die Frage anschneiden will, ob diese Unterschiede sehr *wesentlich* oder bloß *gebräuchlich* seien. Der Mathematiker kennt ein «notwendig und hinreichend», für den Physiker liegt der Schwerpunkt auf dem «hinreichend». In der Mathematik kann man mit Setzungen rechnen, der Naturwissenschaftler muß mit Tatsachen rechnen. Für den Mathematiker existiert keine Unschärfe der Setzungen, es sei denn, sie seien gewollt (Statistik); der Naturwissenschaftler muß ständig mit Unschärfen rechnen. Der Mathematiker verfügt über Funktionen und Kurven; der Naturwissenschaftler muß sich erst fragen, welchen Sinn es hat, eine Gehörkurve oder eine Kurve für Licht- und Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges aufzustellen. Der eine kann den Bereich der studierten Objekte einschränken, der andere sollte es eigentlich nicht, tut es zwar auch. Der eine bewegt sich im mathematischen Gebiet, der andere an den Grenzen der Mathematisierbarkeit. Angesichts dieser Unterschiede kann man jetzt schon sagen: Vom Mathematiker erwartet der Physiker, daß er vollgültige Beweise erbringen kann, für sich selbst kann der Physiker nur einen gewissen Grad der Beweisbarkeit in Erwägung ziehen, der allerdings bei abgeschlossenen Gebieten (Galileische Kinematik, Maxwellsche Feldtheorie, Fouriersche Wärmeleitungstheorie usw.) mathematisches Beweisniveau erreichen kann.

Da die Symposien im Schoße der S. N. G. ein synthetisches Ziel verfolgen, liegt es nahe, Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten. Charakteristisch für das Gemeinsame zwischen Physik und Mathematik ist, daß

die Physiker (in etwas geringerem Maße auch die übrigen Naturwissenschaften) die Mathematik punkto Ausdrucksweise und Vollendung in der Beweisführung als Ideal betrachten. Die Physiker sind daher immer froh, wenn sie ein in sich geschlossenes, abgerundetes Teilgebiet in eine abgerundete und sogar schöne mathematische Form bringen können. Solche Gebiete wurden oben genannt; ich könnte die spezielle Relativitätstheorie, die klassische kinetische Gastheorie beifügen. Interessant ist festzustellen, daß eine relativ abgerundete Theorie, wie die BOHRsche Atomtheorie, sich fast der gleichen Wertschätzung erfreut wie eine «richtige Theorie», die bei keiner Kontrolle versagt hat. Das rührt davon her, daß für die BOHRsche Theorie das Gebiet der Brauchbarkeit sowie die Grenzen der Gültigkeit leidlich gut bekannt sind, so daß man weiß, welchen Kontrollen die Theorie standhält und welchen nicht. Die Gebietsbeschränkung macht also aus einem Stück Physik gewissermaßen ein Stück angewandte Mathematik.

Die Worte «Gebietsbeschränkung», «Auswahl der Tatsachen» müssen uns aufhorchen lassen. Ist es wissenschaftlich legitim, aus den Tatsachen eine Auswahl zu treffen? Erinnern wir uns kurz an das Ergebnis des ersten Ausspracheabends dieser Art in St. Gallen. Herr SCHÜRER und der Sprechende versuchten dort, einige Kriterien des Wissenschaftlichen zu nennen. Es waren Idealkriterien, Merkmale der Haltung des Wissenschaftlers: Allgemeinverständlichkeit, Allgemeingültigkeit, Vollständigkeit (Nicht-Verschweigen unerwünschter Umstände und Motive!), Exaktheit, Widerspruchslosigkeit (evtl. unter Verzicht auf Anschaulichkeit), Eindeutigkeit, Geschlossenheit, seitens des Wissenschaftlers Objektivität, Unpersönlichkeit, Überwindung des Einmaligen, Überwindung von Wertung und Affekt, Sachlichkeit und Nüchternheit, Selbstkritik und ein gewisses Vorwärtsdrängen, eine schöpferische Unzufriedenheit. Bei wissenschaftsästhetischen Kriterien, wie Anschaulichkeit und Einfachheit, muß man bedenken, daß sie fördern, aber auch die Entwicklung hindern können.

In dieser übrigens unvollständigen Aufzählung finden sich eigenartigerweise *mehr* Kriterien, die sagen, wie Wissenschaft und wissenschaftliche Tätigkeit *nicht* sein sollen, und die positiv formulierten Kriterien versteht man (wenigstens mir geht es so) aus dem Gegensatz zum Gegenteil heraus: Vollständigkeit anstreben heißt: nichts an Angaben oder Tatsachen bewußt oder unbewußt weglassen, usw. Warum das? Weil es der *Mensch* ist, der Wissenschaft treibt und von sich loszukommen sucht.

In diesem dauernden Reinigungsprozeß ist die Erprobung auf Richtigkeit, ob sie nun Einzelkontrolle oder allgemeiner gültige Kontrolle sei, eine der Hauptoperationen: Sie ist Methode und Absicht zugleich. Alle Bemühungen des Menschen, die Kriterien des Wissenschaftlichen zu erfüllen, *müssen* sich in den Formen und Spielarten der Kontrolle und Beweisführung widerspiegeln.

Es ist wesentlich, hier festzustellen, daß die «preuve» sich in den meisten Fällen auf eine Aussage bezieht, die man kennt oder ahnt; man

verfügt über ein gedankliches Ausgangsmaterial, kennt mehr oder weniger vage das Resultat und stellt sich zur Aufgabe, mit möglichst wenigen zusätzlichen Annahmen oder Vorstellungen alles zu einem widerspruchsfreien Ganzen zu verschmelzen. Vom Gedankengang ist also – anders gesagt – nicht nur das Anfangsstück, sondern meist auch schon das Endstück *da*, und es gilt, das Zwischenstück aufzuweisen, ohne den Gedankengängen Gewalt anzutun.

Es wurde bereits bemerkt, daß für Gebiete, die den Charakter eines Stückes angewandter Mathematik angenommen haben, mit Beispielen, die die Theorie über den Haufen werfen, gar nicht mehr gerechnet zu werden braucht. Nicht im Sinne von «tant pis pour la nature», sondern, weil man das Gebiet kennt, wo die Theorie den Kontrollen nicht mehr standhält.

Anders bei Theorien, an die man den Anspruch der Allgemeingültigkeit stellt. Grundsätzlich soll hier *ein* Beispiel, für das die Theorie *nicht* stimmt, diese über den Haufen werfen, d. h. man versucht die Theorie aufrechtzuerhalten, aber den Gültigkeitsbereich enger abzugrenzen. Eine frühere Extrapolation wird rückgängig gemacht. Am Beweisverfahren wird gewöhnlich nicht gezweifelt.

So weit wäre alles in Ordnung, sofern *alle* Partner auf Grund *eines* negativen Versuches *bereit sind*, die Theorie fallen zu lassen und niemand die mit dem negativ ausgehenden Versuch verbundene Beweistechnik anfecht.

Ein Beispiel wird uns gewisse Schwierigkeiten besser erkennen lassen: Der MICHELSONSche Versuch. Dieser war eine harte Probe für die klassische Elektrodynamik. Wäre das Resultat positiv ausgefallen, so wäre damit noch nicht bewiesen gewesen, daß die klassische Elektrodynamik richtig sei, sondern es wäre damit bloß gezeigt gewesen, daß sie auch in diesem Falle gestimmt habe. Wir wollen damit nur sagen, daß die Probe aufs Exempel, wenn das Ergebnis *positiv* ist, *wenig* aussagt, hingegen *viel* aussagt, wenn der Versuch negativ ausfällt. Dies war beim MICHELSONSchen Versuch der Fall: Der Versuch verlief negativ (keine Relativbewegung der Erde gegenüber dem Äther nachweisbar), also war *bewiesen*, daß an der vorrelativistischen Auffassung vom Licht etwas nicht stimmt. Halten wir bei dieser Gelegenheit noch gerade fest: Der Physiker oder Astronom braucht die Leistungsfähigkeit seiner Instrumente nur um eine oder zwei Zehnerpotenzen zu steigern, also das Gebiet der Beobachtungstatsachen zu vergrößern, um schon Gefahr zu laufen, daß er von der Natur desavouiert wird. Der Mathematiker hat nur die Kontrolle nach innen vorzunehmen, der Physiker eben nach innen *und* außen.

Aber: Die Sache ist deshalb nicht so einfach, weil die Menschen nicht immer so rasch bereit sind, eine Beweisführung anzuerkennen, und zwar nicht, weil sie in der Technik der Beweisführung einen Mangel sehen, sondern vielleicht ganz einfach nur, weil die Beweisführung zu Konsequenzen führt, die ihnen nicht passen. Erinnern wir uns an die Diskussionen um die Relativitätstheorie. Der eine erklärt sich unfähig,

zu verstehen, wie die Lichtgeschwindigkeit in zwei relativ zu einander bewegten Systemen als gleich betrachtet werden dürfe. Ein anderer lehnt die allgemeine Relativitätstheorie als Ganzes ab, weil sie weniger einfach sei als die Euklidische Geometrie, ergänzt durch Kraftgesetze. Ein dritter lehnt aus religiösen Motiven die Idee der Endlichkeit des Universums ab. So kann es vorkommen, daß das Ausgangsmaterial, also die einzuordnende Aussage, die Interpretation des Experimentes, also die Verbindungsbrücke zwischen Beobachtung und einzuordnender Aussage, oder die Beweistechnik usw., daß überhaupt alles angegriffen wird.

Verlassen wir dieses Beispiel, das seinerzeit die Gemüter besonders stark erhitzte und in der Geschichte der Pathologie der wissenschaftlichen Diskussion vermerkt zu werden verdient, und betrachten wir ein Beispiel, das ebenfalls ins Weltanschauliche hineingreift, aber doch offenbar sachlicher diskutiert worden ist. Ist heute bewiesen, daß die Materie atomarer Struktur ist? Eigentlich nein, denn der Nachweis ist nicht für alle Fälle eines Bereiches erbracht. Die Atomhypothese ist also höchstens «einigermaßen» bewiesen. Die Theorie hat alle bekannten Proben bestanden. Was geschieht nun heute mit der Fragestellung: Besteht die Materie aus Atomen? Sie gilt nicht mehr als interessant. Dies ist äußerst wichtig. Zugleich liegt eine große Gefahr darin, daß man ein Problem ad acta legt. Eine Auswahl treffen zwischen zu bearbeitenden Problemen ist erlaubt, aber wenn die Fachwelt als Ganzes gewissermaßen ein Thema von der Traktandenliste absetzt, so trifft sie eine Auswahl größten Formats. Dies kann für die Entwicklung von Gutem sein, kann aber auch dazu führen, daß in späteren Zeiten ein gehöriger zusätzlicher geistiger Einsatz notwendig wird, um die abgeschriebene Frage wieder aktuell werden zu lassen.

Interessant ist ein kleiner historischer Rückblick. Man kann die Zahl der Atome pro Volumeneinheit nach verschiedenen Verfahren bestimmen. Mehrere voneinander unabhängige Theorien führten bis auf wenige Prozent genau zur gleichen sogenannten LOSCHMITTSchen Zahl. Für die Mehrzahl der Wissenschaftler galt damit der atomare Charakter als nachgewiesen. MACH, OSTWALD, NERNST und andere lehnten ihn jedoch ab. Dies zu einem Zeitpunkt, wo man Scintillationen in Leuchtstoffen, bewirkt durch einzelne radioaktive Zerfallsprozesse, noch nicht kannte. MACH z. B. hoffte, daß die der «direkten Erfahrung unzugänglichen Atome» in Bälde aus der Physik verschwinden würden. NERNST äußert sich: «... neue Gesetzmäßigkeiten: letztere werden dem Experiment zugänglich gemacht, und der Erfolg beweist zwar durchaus nicht die Richtigkeit, wohl aber die Brauchbarkeit der Hypothese». Und einige Jahre später, im Vorwort zur 6. Auflage des berühmten Lehrbuches über theoretische Chemie, schreibt NERNST: «Angesichts so augenfälliger Bestätigung der Auffassung, die uns die kinetische Gastheorie über die Welt der Moleküle liefert, wird man zugestehen müssen, daß diese Theorie ihren hypothetischen Charakter zu verlieren beginnt.» Heute neigen wir vielleicht dazu, etwas zu lächeln über die Langsamkeit, mit der NERNST den Rückzug antrat. Die Wahrung des Gesichts

mochte dabei eine Rolle gespielt haben. Aber NERNST hatte insofern recht, daß er einen überstürzt raschen *Glauben* an die atomare Struktur der Materie als einen gewissen Mangel an Kritik geißelte. Andererseits ist es möglich, daß seine Ablehnung der Atomhypothese nicht nur taktischer Natur war, sondern tiefer ging, wodurch er sich vielleicht hinderte, gewisse theoretische Leistungen zu vollbringen.

Eine Gruppe von Kontrollen, die etwas beweisen oder erweisen sollen, ohne daß man das Objekt selbst prüft, sind die abgekürzten Lebensdauerprüfungen. So werden in der Lampenindustrie stichprobenweise Lampen mit Überstrom nach einem Zeitintervall, das $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ der normalen Lebensdauer beträgt, durchgebrannt. Die interessante Frage ist nun: Was verliert man an Erkenntnissen, wenn man von den in der Wirklichkeit vorkommenden Betriebsbedingungen dermaßen stark abweicht? Je undurchsichtiger die Verhältnisse sind, desto mehr gelangt man dazu, die normalen Betriebsverhältnisse bei der Prüfung nachzuahmen. Damit nähert man sich bereits der Einstellung des Biologen und des Arztes, dessen Objekt an recht eng begrenzte physikalische Lebensbedingungen gebunden ist. Diese Gedankengänge sollen hier nicht weiter verfolgt werden, da der folgende Vortrag diesem Problemkomplex sich widmet.

Referat von Adolf Portmann:

Wir behandeln hier nicht das generelle Problem, wie denn Beweis in der Naturforschung überhaupt möglich sei, sondern die besondere Frage nach der Reichweite unserer Beweismethoden bei einem Objekt, das so viele Aspekte wie der *lebende Organismus* bietet. In vielen Arbeitsfeldern der *Biologie* gelten die Beweismethoden, welche von Physik und Chemie entwickelt worden sind und die im Bereich sehr eng begrenzter Fragestellung auch kausale Zusammenhänge ergeben. Jede derartige Kausalbeziehung gilt aber immer nur unter der meist stillschweigend anerkannten Voraussetzung, daß das Ganze des Bezugssystems fraglos gegeben ist. Wer die Ursachen einer Glykogenbildung im Stoffwechsel untersucht, fragt in diesem Fall nicht nach der Ontogenese und erst recht nicht nach der Phylogenese seines Objektes. Auch wer Eigenschaften einer Tiergestalt auf Erbfaktoren in Genom zurückführt, nimmt in dieser Untersuchung die Keimzellen und ihr Genom sowie die ontogenetischen Prozesse als gegeben an. Die große Zahl verschiedener Lebensformen und die Beschränktheit der Arbeitsmöglichkeiten zwingen die Biologen, das Analogieprinzip weitgehend anzuwenden: die Analyse einer Organfunktion bei einer Tierform wird auch als für strukturell ähnliche Organe bei nicht untersuchten Formen als gültig erachtet. Die Mannigfaltigkeit der Lebensfunktionen, die feineren Varianten der Milieubeziehung, die Tatsachen des Funktionswechsels zwingen zu stete-wachsamer Skepsis gegenüber dem allzu freien Geltenlassen des Analogieprinzips: Wir dürfen bei Landwirbeltieren die Niere als Organ der Harnausscheidung ansehen: doch ist ihre Funktion bei Vögeln recht

anders als bei Säugern – wenn der Physiologe gar nachweist, daß bei Fischen sechs- bis zehnmal mehr Harn durch die Kiemen als durch Nieren abgegeben wird, dann wird die allgemeine funktionelle Analogie der Wirbeltiernieren fraglich!

Diese Unsicherheit in bezug auf den Geltungsbereich von Analogieschlüssen wirkt sich besonders einschneidend aus, wo uns die experimentelle Kontrolle versagt ist. So ist es z. B. sehr schwierig, die Ergebnisse der Erforschung angeborener Verhaltensweisen auf die Deutung menschlicher Verhältnisse zu übertragen, wo aus ethischen Gründen das Experiment nicht angewendet werden kann.

Sobald der Biologe Probleme der Gestaltverwandtschaft, der Morphologie, untersucht, wechseln die Methoden der Beweisführung: Beweis der genetischen Verwandtschaft zweier Organe ist die räumliche Übereinstimmung ihrer Anlagen im gemeinsamen Bauplan. Diese «Anlage» ist ein mit bestimmten Potenzen ausgestatteter Bezirk des Keims. Die Frage, wie weit die biologische Analyse solche Anlagen auf submikroskopische Strukturen des Protoplasmas und des Genoms zurückführen können und auf welche morphologisch faßbaren Strukturen sie dabei treffen wird, ist eines der aktuellen Probleme, welche Morphologie und Genetik beschäftigen.

Die intensive Zusammenarbeit morphologischer und physiologischer Methoden führt manchmal zu einer zeitweiligen Verkennung der logischen Hierarchie der Kriterien des Beweisens. So können im Augenblick besonders beachtete Gebiete eine forschungspsychologische Valenz erlangen, die ihre wirkliche Bedeutung eine Zeitlang weit übertrifft: so hat seinerzeit der Verwandtschaftsnachweis durch die Präzipitin-Reaktionen eine Weile vergessen lassen, daß er überhaupt nur dort sinnvoll ist, wo die vergleichende Morphologie Verwandtschaft bereits sicher nachgewiesen hat. Auch die medizinische Biologie kennt ähnliche Bevorzugungen von neuesten Methoden.

Das Problem der Reichweite unserer Beweisführung wird in der Biologie besonders bedeutsam, weil sie in viel höherem Maße als andere Naturwissenschaften ihre Objekte als Ergebnis nicht mehr nachvollziehbarer Entwicklungen und als Stadium unbekannter, in die Zukunft führender Transformationsvorgänge erfährt.

Die Beweisführungen im Gebiet der Evolutionsforschung sind deshalb von sehr verschiedener Art, je nachdem paläontologische Forschung oder experimentelle Genetik betrieben wird. Die Paläontologie kann mit ihrer vergleichend morphologischen und geologischen Beweisführung die Organismen in erdgeschichtliche Sukzessionen, in Formenreihen ordnen, deren verwandtschaftlicher Zusammenhang im günstigsten Falle hoch wahrscheinlich ist. Die Auslegung dieser Formenreihen in Hinsicht auf reale verwandtschaftliche Zusammenhänge kann in der Paläontologie nicht mit eigenen Forschungsmitteln gestützt werden; sie ist abhängig vom Stand einer ganz anderen Arbeitsweise, der Genetik. Diese kann ihrerseits durch experimentelle Erzeugung von Mutationen in einem sehr engen Umkreis die faktische Bildung neuer Varianten im Formenkreise

einer Art nachweisen. Wie groß wir aber den erklärenden Wert dieser experimentellen Mutationen und der ihnen entsprechenden natürlich entstehenden Varianten einschätzen, darüber gehen die Auffassungen weit auseinander. Die neodarwinistische Interpretation sieht in den uns bekannten Mikromutationen das Ausgangsmaterial aller Evolutionsvorgänge. Andere Theorien nehmen für die Entstehung umfangreicher Änderungen besondere, noch unbekannte Mutationsweisen an. Die in der Evolutionstheorie unvermeidlich verschiedene Wertigkeit der Beweismöglichkeiten sollte, so scheint es dem Referenten, in stärkerem Maße bei der Beurteilung der Gültigkeit einer Aussage beachtet werden. Die Kontraste in der Auffassung hinsichtlich der Reichweite unserer Beweismöglichkeit gehen letztlich zurück auf wesentliche Verschiedenheiten in der Grundauffassung vom Organismus und weisen auf tiefere Gegensätze der Weltansichten hin.

Diskussion

F. GONSETH: Les exposés que nous venons d'entendre étaient visiblement inspirés du souci de ne pas présenter la preuve dans les sciences, et spécialement dans les sciences du réel, dans un climat de certitude absolue. Les orateurs avaient manifestement l'intention de contrebattre l'idée de la sécurité inconditionnelle des résultats scientifiques. On ne peut que s'incliner devant les compétences complémentaires et l'aimable originalité avec lesquelles ils se sont acquittés de cette tâche. Je leur donne mon complet assentiment, car je suis aussi de l'avis qu'il n'est pas donné à la recherche scientifique de découvrir la vérité toute pure, dans le mélange inextricable d'expérience et de raison qui lui est propre. Si j'avais eu à introduire avec eux la discussion de ce soir, j'aurais très certainement parlé dans le même sens qu'eux. Je pense qu'ils n'en doutent pas eux-mêmes. Mais, venant après leurs exposés, les raisons que je pourrais faire valoir à côté des leurs, parallèlement aux leurs, n'apporteraient pas grand'chose de nouveau. C'est pourquoi, dans le même esprit qu'eux, je me permettrai cependant d'insister sur un aspect *complémentaire* de la question.

C'est lorsqu'on a bien compris que la preuve dans les sciences n'apporte pas une certitude inconditionnelle, que l'on peut apprécier plus justement toute la valeur de la connaissance scientifique. Car on peut alors s'étonner à bon droit de la fermeté que comportent, malgré tout, les résultats de nos recherches.

Lorsqu'on s'est bien aperçu que dans les résultats scientifiques il reste toujours une marge d'incertain, on peut être pris d'une certaine hésitation, d'un certain doute. Comment peut-on savoir, dira-t-on, que la connaissance scientifique mérite cependant notre confiance — même si cette connaissance n'est pas absolue ?

A l'analyse, tels ou tels résultats de la recherche peuvent paraître encore mal assurés. Mais il n'est pas douteux que dans son ensemble, la science marche vers une connaissance de plus en plus assurée. Les

théories scientifiques se succèdent et se relaient, mais ce n'est pas simplement le remplacement d'une théorie quelconque par une autre théorie également quelconque. Lorsqu'une théorie est abandonnée au profit d'une autre, celle-ci ne laisse pas simplement tomber tout ce que la première apportait. Si aventureuse que soit une théorie scientifique, si elle est avancée sérieusement, il est rare qu'elle ne contienne pas quelques connaissances de valeur qui resteront acquises. C'est là ce que je n'hésite pas à appeler la merveille de la connaissance scientifique.

J'en ai fait moi-même l'expérience lors de l'introduction de la théorie des quanta et particulièrement en ce qui concerne les relations d'incertitude. Je n'étais peut-être pas le seul à penser que la théorie des quanta telle qu'elle se présentait alors ne représentait qu'une théorie provisoire, peu convaincante et peut-être même factice. J'ai naturellement dû me convaincre que les physiciens qui avaient proposé cette théorie avaient de bonnes raisons de le faire; ce fut là une expérience dont je crois avoir tiré la leçon.

Mais comment expliquer que le sol puisse s'affermir sous les pieds du chercheur — en ne perdant pas de vue que la preuve dans les sciences n'est jamais une preuve absolument complète et parfaite? Parmi toutes les raisons que ce fait indéniable peut avoir, je crois qu'on en peut distinguer deux assez facilement:

- a) La première consiste dans le fait que la connaissance scientifique forme une trame de plus en plus serrée, une trame permettant un contrôle des résultats les uns par les autres.

Le calcul des probabilités nous permet de comprendre que dans une trame de connaissances de ce genre, la probabilité de l'erreur est plus faible que dans un ensemble de connaissances isolées les unes des autres.

- b) La seconde me paraît consister dans le fait que la science est animée d'un certain esprit de modestie, quant à sa propre faculté de faire erreur. Celui qui n'a pas la faculté de constater qu'il s'est trompé n'a pas la liberté de se détromper. Mais la connaissance scientifique est telle que, dans toutes ses parties, elle est ouverte à sa propre révision, à la constatation et à l'épuration de ses propres erreurs.

Pour revenir à la question qui est proposée à la discussion de ce soir, disons qu'en constatant que la preuve dans les sciences n'a pas une valeur inconditionnelle, on ne fait que souligner combien cette modestie est à sa place. Et par là, si paradoxal que cela paraisse, comme je viens de l'expliquer beaucoup trop brièvement, on travaille à assurer le progrès de la connaissance scientifique.

A. PORTMANN: Über das von Herrn GONSETH Gesagte sind wir uns alle einig. In diesem Rahmen erschien es uns aber als angezeigt, das Fragwürdige und die Zweifel besonders deutlich hervorzuheben.

B. ECKMANN: Wenn in den Referaten die Problematik des Beweisens besonders hervorgehoben wurde, so kommt darin die Tatsache zum Ausdruck, daß man eben immer wieder vor der grundlegenden Frage steht, was überhaupt in einer bestimmten Wissenschaft als Beweis anerkannt wird oder werden soll. Es gehört zum Wunder des Wissenschaftlichen, daß diese Frage de facto immer wieder eine Antwort findet, die den gestellten Ansprüchen gerecht wird.

K. BLEULER: Ich möchte kurz darlegen, wie sich der Beweis einer physikalischen Tatsache für den theoretischen Physiker darstellt. Grob gesagt, können wir in der Physik überhaupt nichts streng beweisen. Wir stehen aber vor einer gewaltigen Menge von experimentellen Tatsachen und sind in der Lage, Axiomensysteme aufzustellen (wie die Maxwell-Theorie, die Wellenmechanik, die spezielle Relativitätstheorie), in denen man erstens vernünftig operieren kann, und in die sich zudem – und dies ist das Wunder – ein großer Bereich von experimentellen Tatsachen in beinahe selbstverständlicher Weise einordnen läßt. Diese Einordnung ist es nun, die man «eine physikalische Tatsache erklären» nennt. Dabei ist eine Theorie um so besser, je umfassender ihr «Gültigkeitsbereich», also der Bereich der in sie einordbaren Tatsachen ist. Merkwürdig ist nun, daß dieses Verfahren zu konvergieren scheint. Es ist sozusagen nie vorgekommen, daß man eine Theorie vollständig hätte ad acta legen müssen. Je weiter man kommt, um so mehr scheint sich eine Konvergenz zu immer allgemeineren Theorien zu vollziehen.

P. BERNAYS: Das «Wunder» erscheint etwas weniger wunderbar, wenn man sich klar macht, daß die Theorien nicht ab ovo gebildet werden, sondern sich an das bereits vorliegende anschließen. Ein Maxwell stützte sich bereits auf sehr viel Gegebenes, und seine Theorie entstand sozusagen auf höherer Stufe. Das Probieren des Forschers erfolgt nicht im Rahmen einer losen Spielfreiheit. Dieser Umstand dämmt das Erstaunliche weitgehend ein.

Man sollte nicht so zurückhaltend sein im Gebrauche des Wortes *erklären*. Es ist eine merkwürdige Tendenz der Physiker, die Anknüpfung an die Realität in der Physik zu verkleinern. Dies ist eine zu große Réserve. Die Einstellung, die einen Forscher zu einem fruchtbaren Forscher macht, ist nicht die einer so großen Distanz gegen das Sachliche. Vermeidet man eine solche Distanzierung, dann erscheint auch die Wissenschaft nicht mehr so zauberhaft.

J. ROSSEL: Il est nécessaire d'insister sur la continuité dans les sciences et sur la façon dont les démonstrations se font en fait. La convergence provient en partie de ce que dans chaque démarche la démonstration dans les sciences s'appuie sur les connaissances déjà établies à ce stage. Mais en réponse à M. BERNAYS il faut remarquer qu'il n'existe plus guère de fait brut en physique; on a affaire bien davantage à des ensembles de données abstraites, d'expériences conçues dans le cadre de théories abstraites. Un exemple frappant en est l'existence du «mésotron». Les observations elles-mêmes ne portent pas sur des faits bruts. Aussi

les démonstrations en physique se rapprochent-elles assez fortement aujourd'hui des démonstrations mathématiques. Les objets de la physique eux-mêmes sont aujourd'hui fortement construits; ce que l'on appelle actuellement en physique une observation n'est pas une observation de première zone, mais procède elle-même de tout le matériel déjà établi. C'est là, me semble-t-il, une des raisons de la convergence.

F. FIALA: On est toujours contraint – et il correspond à la façon d'opérer qui est naturelle au savant – lorsqu'on établit une théorie en se basant sur des faits préalables, d'admettre pour l'édification de la théorie les secteurs sur lesquels on se base comme *fermes*. Cela correspond simplement au fait que nous ne sommes pas en mesure de faire simultanément une critique universelle.

A. PORTMANN: Ich möchte ausdrücklich vor dem Umstand warnen, daß wir unsere Ergebnisse in allzu optimistischer Formulierung aus unseren Laboratorien herausgeben und daß sie von den Forschern der Nachbargebiete allzu bereitwillig und unkritisch akzeptiert werden. Es ist wichtig, im Unterricht und in den Publikationen die Begrenztheiten und die Problematik der Ergebnisse dauernd und deutlich zur Geltung zu bringen.

H. GOLDMANN: Unter «Beweis» verstehen wir immer etwas, das auf eine vorgängig aufgestellte Hypothese Bezug nimmt und diese erweisen soll. In Wirklichkeit ist die Situation in den Wissenschaften aber eine andere: Wir verfügen über eine bewußte Umwelt, und was wir im Beweise anstreben, ist eine Erweiterung derselben. Wir suchen neue Phänomene auszufolgern, die über die uns aus unserer bewußten Umwelt bekannten hinausgehen, und diese erweisen wir im Beweis.

G. JOYET: Toute expérience est pénétrée de théorie. Mais dans une certaine mesure toutes les expériences passées restent valables pour les théories futures. – Nous nous trouvons en face d'une réalité qui nous présente dans l'expérience des probabilités qui restent constantes. Celles-ci existent hors du sujet. Au cours de l'expérience humaine est apparue quelque chose de constant. C'est cela qui donne le fond même de la preuve.

F. FIALA: En réponse à M. GONSETH, je voudrais remarquer que le terme de «probabilité» a pour le savant un sens déjà trop précisé. M. POLYA parle, par opposition à la démonstration proprement dite, de plausibilité, et des degrés de plausibilité. N'est-ce pas précisément d'une notion analogue dont nous avons besoin ici? On a déjà une sorte de preuve lorsqu'une expérience vient confirmer une conjecture, et la preuve a d'autant plus de poids que le résultat de l'expérience paraissait *a priori* qualitativement ou quantitativement moins attendu. On attribue alors une grande plausibilité à la théorie qui avait permis cette conjecture.

En réponse à M. BLEULER, il convient de rappeler qu'en mathématiques aussi on connaît des théories très englobantes. C'est même une

tendance caractéristique des mathématiques modernes, de chercher à englober des structures particulières et efficaces dans des théories plus générales. Qu'il nous suffise de rappeler le rôle fondamental joué aujourd'hui par la théorie des groupes, celle des treillis ou celle des ensembles.—

Eine an Ausführungen im Referat von A. PORTMANN anschließende Diskussion über die Evolutionslehre (F. HADORN, A. BALTZER) eröffnet interessante Aspekte auf methodologische Probleme in der Biologie.

Zum Abschluß hebt der Vorsitzende zusammenfassend hervor, daß das, was in einem Wissenschaftszweig als beweiskräftig angesehen wird, nur innerhalb des technischen Rahmens der betreffenden Disziplin verstanden und gewürdigt werden kann und in hohem Maße das Wesen dieser Wissenschaft kennzeichnet. Wandlungen und Erweiterungen der Beweis-Ideen und der als hinreichend zugelassenen Beweistechnik sind deshalb Äußerungen entscheidender Vorgänge innerhalb der Disziplin. In diesem Sinne scheint die Problematik des Beweisens, die so stark hervorgehoben worden ist, Ausdruck eines bedeutungsvollen Zuges des Wissenschaftlichen zu sein. Zum Bewußtsein dieser Problematik gehört komplementär die Verpflichtung zu ständiger Selbstkontrolle und die Bereitschaft, neue Gesichtspunkte und Beweismethoden anzuerkennen und das mit den frühern Erreichte einer Revision zu unterziehen. In der Diskussion ist besonderer Wert darauf gelegt worden zu betonen, daß gerade diese Züge des Wissenschaftlichen zu immer umfassenderen und gesicherteren Erkenntnissen führen.