

Vlachová, Bohumila

## Zu einigen Fragen des Experiments in den Naturwissenschaften

*Sborník prací Filozofické fakulty brněnské univerzity. B, Řada filozofická.*  
1966, vol. 15, iss. B13, pp. [55]-63

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/107123>

Access Date: 07. 03. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

BOHUMILA VLACHOVÁ

ZU EINIGEN FRAGEN DES EXPERIMENTS  
IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN

Beim Studium und Vergleich einzelner Gebiete der Naturwissenschaften können wir eine gemeinsame Tendenz beobachten. Es ist die Bewegung vom fenomenologischen, beschreibenden Studium der naturwissenschaftlichen Prozesse zu ihrer kausalen Erklärung. Damit hängt die Entstehung der elementaren Forschungsmethoden und ihre Anwendung in der gegebenen Entwicklungsphase der Naturwissenschaft eng zusammen. Für die Entwicklung der Wissenschaft wird der Schwerpunkt der Bedeutung von der beschreibenden, später vergleichenden und klassifizierenden Methode, zur experimentellen Methode verschoben. Diese Entwicklung kann man in verkürzter und modifizierter Form auch bei Disziplinen, die in der Gegenwart oder jüngeren Vergangenheit entstanden sind, verfolgen. Unter diesen einzelnen Methoden ist eine Kontinuität vorhanden. Die Überlegenheit der, der Entstehung nach jüngeren Methode in der Wissenschaft, ist nicht ein Verdrängen der Vorhergehenden, sondern diese wird ein organischer Bestandteil der neuen Methode und entfaltet sich auf einem neuen Niveau weiter. Es ist nötig zu bemerken, dass die allgemeine Tendenz der Entwicklung in einzelnen konkreten Zweigen einige Einheiten hat. (Z. B. in der Botanik oder Geologie beruht das Schwergewicht auf den Methoden beschreibenden Charakters, während das Experiment nur eine Randbedeutung hat. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass sich die Situation in diesen Wissenschaften zu Gunsten der Experimentalmethode verändert.)

In den Gesellschaftswissenschaften werden wir den Gebrauch der Experimentalmethode nur sporadisch antreffen. Ohne Zweifel kommt das Experiment in Zukunft in diesen Wissenschaften sehr zur Geltung und ermöglicht ihnen einen Übergang auf ein gänzlich neues höheres Niveau. Dann wird es möglich sein, Aufgaben zu lösen, denen wir heute noch nicht gewachsen sind.

Es ist klar, dass das Experiment in den Gesellschaftswissenschaften einen etwas anderen Charakter als das wissenschaftliche Experiment hat und haben wird. In einzelnen Gesellschaftswissenschaften wird es notwendig sein neue Typen von Experimenten zu schaffen, die in den Naturwissenschaften unbekannt sind, wie z. B. P. Selucký<sup>2</sup> andeutet.

In den Hauptgebieten der Naturwissenschaft dominiert aber gegenwärtig schon ganz klar die Experimentalmethode, die zur Hauptmethode der wissenschaftlichen Erkenntnis wird. Es ist deshalb eine immer dringlichere Aufgabe der Marxisten, die sich mit der Problematik der Naturwissenschaften befassen, intensiv die Methodologie zu entfalten und sich besonders mit den Fragen des Experiments zu befassen. In meinem Artikel beabsichtige ich mich mit den Problemen des naturwissenschaftlichen Experiments zu befassen, und zwar mit besonderem Hinblick auf die biologischen Wissenschaften.

## I

Wenn wir uns mit den Betrachtungen über das Experiment in den Naturwissenschaften befassen sollen, ist es vor allem notwendig festzustellen, was wir unter einem naturwissenschaftlichen Versuch verstehen. In unserem Artikel sehen wir bewusst von der Problematik des Gedankenexperimentes ab (was natürlich nicht heissen soll, dass wir die Bedeutung des Fragenkomplexes eines theoretischen Versuchs unterschätzen würden) und werden den naturwissenschaftlichen Versuch als ein praktisches Experiment betrachten, das allgemein als ein materieller Eingriff des Menschen in den Naturprozess charakterisiert wird. Es geht ohne Zweifel um ein grundlegendes Merkmal dieses Experiments, aber es wird sich bald zeigen, dass es zur Begrenzung seines Wesens nicht genügt. Es wird im allgemeinen die Meinung vertreten, dass die Beobachtung das Konstatieren von Vorgängen und Prozessen, wie sie uns die Natur gibt, ist, während der Versuch das Konstatieren von Vorgängen ist, die der Experimentator herbeigeführt oder geschaffen hat. Dann wäre jeder materielle zielbewusste Eingriff in die Natur ein Versuch. Ich glaube, dass man hier den Versuch und eine bestimmte Art von Beobachtung verwechselt. Es ist ohne Zweifel, dass jede Sektion oder die Bereitung eines mikroskopischen Präparats ein Eingriff in die objektive Realität ist. Es ist offensichtlich das Ziel dieser Tätigkeit den Fähigkeiten unserer Rezeptoren die beobachtenden Objekte nur näher zu bringen. (A. Bláha erwägt hier das Urexperiment.)<sup>3</sup> Das bedeutet aber wieder nicht, dass die Sektion, die Vorbereitung eines mikroskopischen Präparats usw. in keinem Fall ein Versuch oder wenigstens ein Teil eines Versuchs sein kann. Z. B. als P. Ehrlich mikroskopische Objekte von Geweben vorbereitete, die mit einer hematoxylinen Mischung gefärbt waren, welche er selbst zusammenstellte, machte er einen Versuch. Die Themen der physiologisch-experimentalen Arbeiten zeigen, dass die Sektion oft ein Bestandteil des Versuchs ist. Der Versuch ist so ein Eingriff in die objektive Realität, durch welchen wir die Natur zur Beantwortung einer Frage nötigen.

Zur häufigen Verwechslung zwischen Beobachtung und Experiment und zur Ungeklärtheit der Unterschiede zwischen diesen Methoden des Erkennens trägt der Fakt bei, dass sowohl die Beobachtung, als auch das Experiment eng zusammen verbunden sind. Über den Zusammenhang dieser beiden Faktoren äussern sich mehrere Autoren direkt in den Definitionen des Experiments.

Z. B. C. Bernard: Der Versuch ist im Grunde genommen nichts anderes, als eine künstlich herbeigeführte Beobachtung.<sup>4</sup>

J. Tvrđý: Der Versuch ist jede künstliche Herbeiführung der Bedingungen eines Vorganges, um diesen besser beobachten zu können.<sup>5</sup>

F. Herčík: Der Versuch ist ein aktiver Eingriff in den Naturvorgang, die Beobachtung stört nicht den Gang der Naturprozesse.<sup>6</sup>

Es ist klar, dass experimentieren zugleich auch beobachten bedeutet. Die Resultate der Beobachtungen pflegen sehr oft die Grundlagen des Versuchs zu sein, der Impuls zu dessen Durchführung. Das Experiment ist aber eine qualitativ höhere Stufe des Zutrittes zur Prüfung der objektiven Realität als die Beobachtung, die zwar ein notwendiger und untrennbarer Teil des Experiments bleibt; doch dieser ermöglicht es erst zur Grundlage des beobachtenden Vorgangs oder Prozesses durchzudringen, wie es F. Bacon dargelegt hat: „... wo der Sinn auf das Experiment schliesst, dort schliesst das Experiment auf das

Ding und die Natur.“<sup>7</sup> Deshalb kann man mit den Ansichten nicht übereinstimmen, dass zwischen der Beobachtungs- und Experimentalmethode nur ein quantitativer Unterschied besteht und daher die Möglichkeiten eines stufenartigen Übergangs von der Beobachtung zum Versuch existiert.

Es ist notwendig den Vorgang, den wir experimental prüfen wollen, aus dem Gewirr der Zusammenhänge mit anderen Vorgängen und Prozessen auszuschliessen. Bevor wir auf diese teilweise Isolation unseres Forschungsgegenstandes eingehen können, müssen wir diese Zusammenhänge und Beziehungen gründlich kennenlernen, um das Bereich der Bedingungen festzulegen, die den untersuchten Vorgang beeinflussen. Das zweite charakteristische Merkmal jedes Experiments ist die Beibehaltung des definierten Komplexes von Bedingungen bei der Durchführung des Versuchs. Nur so kann ein Vorgang oder ein Prozess, auf den wir Einfluss einüben, kontrollierbar sein und der Versuch einen Erkenntniswert haben. Mit diesem Merkmal eines Experiments hängt seine Wiederholungsmöglichkeit zusammen, die die Garantie des wissenschaftlichen Wertes der experimentalen Arbeit ist. Falls die Resultate der wiederholten Versuche nicht mit den Ergebnissen der ursprünglichen übereinstimmen, zeigt dies (natürlich bei Einhaltung solcher Grundsätze der experimentalen Arbeit, wie z. B. Genauigkeit, Sorgfalt usw.) auf eine ungenügende Kenntnis des untersuchten Vorganges und der Bedingungen seiner Existenz. Im allgemeinen kann in den anorganischen Wissenschaften zum heutigen Stand des Wissens und der Möglichkeiten erzielt werden, dass das Experiment unter absoluter Kontrolle aller Bedingungen verläuft, die das Ergebnis des Versuchs beeinflussen können und dieser ist beinahe in vollem Masse wiederholbar. Anders ist die Situation in den Wissenschaften, die sich mit Vorgängen der belebten Welt befassen. Einerseits trifft hier der Examiner mit einer viel grösseren Kompliziertheit der eigentlichen Vorgänge und einer grösseren Menge von vielfältigen Beziehungen und Zusammenhängen mit der Aussenwelt zusammen, andererseits kommt er mit der inneren Umgebung der Organismen zusammen, wodurch die Feststellung der Bedingungen zu einer unvergleichlich schweren Aufgabe wird. Die Vorgänge und Prozesse haben ihre Autonomie, wie auch die Vorgänge in der anorganischen Natur, aber gleichzeitig wird bei ihnen markant eine systematische Organisierung zur Geltung gebracht. Die Tatsache erschwert dem Experimentator die Isolation des Vorganges, die für seine Forschung notwendig ist. Das bedeutet auch das erste Hindernis, welches das Resultat des biologischen Versuchs herabsetzen kann. Wir beobachten z. B. die Reaktion des Gewebes auf einen bestimmten Impuls. Es ergibt sich somit die Frage, ob wir annehmen können, dass wir eine normale Reaktion verfolgen, (d. h. eine solche, die in einem unversehrten Organismus verlaufen würde), wenn das Gewebe oder das Organ vorher vom Organismus getrennt wurde, in einer physiologischen Lösung besonders aufbewahrt wurde usw.

Deshalb kann gewöhnlich bei biologischen Versuchen keine so grosse Genauigkeit wie bei physikalischen und chemischen Versuchen sein. Die Biologen arbeiten öfter unter einfacheren Bedingungen und auf den Verlauf des Versuchs hat eine Reihe von Faktoren Einfluss, die wir entweder nicht kennen oder nicht beherrschen können. Die Wiederholbarkeit des Experiments ist in verschiedenem Masse verringert. In dieser Situation ist die Genauigkeit des Versuchs durch ein parallel durchgeführtes Vergleichsexperiment (durch Kontrolle) gesichert, welches wir als ein Spezifikum der Experimentalarbeit in der Biologie betrachten

können. In dem Vergleichsexperiment bemühen wir uns die glaubwürdigste Kopie des echten Versuchs zu erreichen. Wir führen ihn deshalb zur gleichen Zeit, wenn möglich am gleichen Ort und an Objekten, die in jeder Beziehung verwandt sind, durch. Nur den Eingriff, dessen Wirkung wir versuchsweise beobachten wollen, lassen wir aus. Deshalb wird dieser Versuch von den Biologen als „blinder Versuch“ bezeichnet. Auf diese Art trachten wir den Einfluss der nicht kontrollierbaren Faktoren zu eliminieren oder wenigstens am meisten in den Schatten zu stellen.

Kehren wir nun zu den ersten Absätzen dieses Kapitels zurück, wo wir konstatierten, dass das Experiment auf jeden Fall ein bestimmter Eingriff in das Naturgeschehen ist.

Viele Experimente bedeuten einen Eingriff in den eigentlichen untersuchten Vorgang oder Prozess dadurch, dass wir Veränderungen im Komplex seiner Bedingungen durchführen. Z. B. [1] beobachten wir die Lebenstätigkeit von Pflanzen in verschiedenem Stadium der ontogenetischen Entwicklung unter Ausschluss des Lichtes, [2] wir prüfen den Einfluss verschiedener Längen der Beleuchtung im Laufe des Tages den Verlauf des vegetativen Zyklus der Pflanze, [3] wir stellen die Wurzeln der Pflanzen dem Einfluss des Lichtes aus.

Im ersten Beispiel haben wir also eine bestimmte Bedingung (das Licht) eliminiert, im zweiten haben wir ihren quantitativen Zeiger verändert, im dritten Fall haben wir in den Komplex von Bedingungen, die der Vorgang erfordert, eine neue Bedingung, die dem geprüften Vorgang nicht eigen ist, eingeführt. Durch diesen dritten Fall nähern wir uns einer grossen Gruppe von Experimenten, in denen wir auf den untersuchten Prozess oder Vorgang durch einen anderen einwirken. Das haben einige Autoren im Sinn, als sie das naturwissenschaftliche Experiment als einen zielbewussten Eingriff in die objektive Realität definieren. Dabei wird ein bestimmter Naturprozess oder Gegenstand (gewöhnlich unter vereinfachten, meist definierten Bedingungen) in eine Interaktion mit einem anderen Prozess oder Gegenstand eingeführt, der dem eigentlichen Prozess oder Gegenstand gewöhnlich fremd ist. In diese Gruppe gehören Versuche, die z. B. die Wirkung von Antibiotika auf den Lebenswandel höherer Lebewesen erforschen, die Wirkung der Giberelsäure auf das Wachstum der Pflanzen und eine grosse Reihe anderer Versuche.

Mit Hilfe der beschriebenen und möglich auch anderer Arten von Eingriffen wirkt der Experimentator bewusst störend auf den normalen Gang der Naturprozesse, die er prüft. Er beeinflusst verschieden ihren Verlauf und kann sogar Vorgänge herbeirufen, die von der Natur noch nicht verwirklicht waren oder unverwirklicht sind. (Kunststoffe, künstliche Radioaktivität usw.) In der Beziehung zu den Prozessen, die wir beobachten, haben alle Eingriffe einen analytischen Charakter.

In der experimentalen Praxis besonders biologischer Wissenschaften stossen wir auf Versuche, bei denen es nicht um die Abänderung oder überhaupt um die Beeinflussung des geprüften Vorganges oder Prozesses geht. Der Experimentator ist darum bemüht in seinem Laboratorium solche Vorgänge zu entwickeln oder zu erhalten, welche in der Natur existieren, u. zw. so, dass er sich entweder um die Rekonstruktion des natürlichen Milieus mit dem ganzen Komplex von Bedingungen, in denen der Vorgang in der Natur verläuft, bemüht oder der Experimentator bedient sich zur Realisierung des Naturvorganges anderer Mittel und Bedingungen als die Natur. Hierher können wir die Versuche

künstlicher Vorbereitung verschiedener Stoffe, die von Organismen erzeugt werden, einreihen (Antibiotika, Hormone). Versuche mit dem selbständigen Züchten parasitärer Mikroorganismen, Versuche mit dem Züchten von Geweben in vitro, Versuche mit dem Kultivieren des befruchteten menschlichen Eies ausserhalb des Mutterorganismus u. a.

Durch diese Experimente bemüht sich der Forscher entweder bessere Möglichkeiten für das weitere Beobachten der Vorgänge, auf welche er seine Aufmerksamkeit lenkt, zu schaffen oder er legt seine Kenntnisse in den Grundlagen des Vorganges oder des Geschehens dar. Zum Abschluss dieses Abschnittes wäre zu erwähnen, dass wir unter einem wirklichen wissenschaftlichen Experiment so einen Eingriff verstehen, dessen Ziel es ist, eine bestimmte Frage, ein bestimmtes Problem zu beantworten. Wenn z. B. C. Forlanini 10 Jahre an Tieren und schliesslich auch an Menschen versuchte seine Idee zu realisieren die Heilung der Lungentuberkulose dadurch zu erzielen, das Organ mit Hilfe des Luftüberdrucks in den Ruhestand zu versetzen, machte er Versuche. Auch als N. Pringsheim und C. Nägeli mikroskopisch Pflanzengewebe beobachteten und die Plasmolyse beschrieben, machten sie Versuche. Wenn heute ein Chirurg den Kranken einen künstlichen Pneumotorax einführt, ist das kein Versuch, sondern eine Heilmethode der Tuberkulose. Führt der Lehrer den Studenten eine Zellplasmolyse einer Zwiebelepidermis in der  $\text{KNO}_3$ -Lösung vor, macht er keinen Versuch, sondern er demonstriert einen bekannten Vorgang. In diesen Fällen geht es schon um die Auswertung der Experimente in der Praxis, wo sie die mannigfaltigste Verwendung finden können.

## II

In dem vorhergehenden Kapitel haben wir gezeigt, dass wir gewöhnlich durch das Experiment auf einen unbekanntem Vorgang, seine Ursache, Beziehung, Prozess, Bedingung usw. fragen. Wir können auf verschiedene Art fragen. Aus unserer Fragestellung ergibt sich die Struktur des Experiments und teilweise auch dessen Anordnung. Ich erläutere hier den Unterschied zwischen der Struktur des Experiments und seiner Anordnung. Wir wollen z. B. die Beziehung zwischen den Humussäuren und dem Pflanzenwachstum feststellen. Aus der Aufgabe geht hervor, dass wir jene Säuren auf irgendeine Art mit dem Versuchsobjekt in Kontakt bringen müssen. Das ist die Grundstruktur unseres Experiments. Seine eigene Anordnung kann sehr mannigfaltig sein und hängt vielmehr als die Grundstruktur von den Erfahrungen, der Praxis, der Erudition des wissenschaftlichen Forschers, seiner experimentalen Geschichtlichkeit, den technischen Möglichkeiten des Arbeitsplatzes und nicht zuletzt an dem gesamten Niveau der Wissenschaft ab. Der Experimentator kann verschiedene Methoden benützen, er wählt das Versuchsobjekt, gebraucht verschiedene Geräte, Einrichtungen usw.

Die Methode nimmt in der Struktur des Experiments ihren natürlichen Platz ein. Der Naturwissenschaftler bezeichnet durch den Begriff „Methode“ die Arten der Untersuchung der objektiven Realität, welche — je nach den Möglichkeiten ihres Gebrauchs — verschieden sind. Hierher gehören die allgemeinen Möglichkeiten zur Prüfung eines grossen Gebietes von Vorgängen, aber auch ein Komplex von Arbeitsvorgängen, die man bei der Forschung eines Vorgangs oder Prozesses anwenden kann. In unseren weiteren Betrachtungen ist die Be-

deutung des Begriffs Methode auf die Arten und Vorgänge verengt, welche der Experimentator während seiner Versuche benützt.

Die Frage der Bedeutung dieser Methoden für die experimentale Arbeit war den Forschern seit langem klar. Den beabsichtigten Versuch kann der Experimentator nur mit Hilfe einer entsprechenden Methode durchführen, deshalb hat das Suchen neuer Forschungsmethoden für die Wissenschaft dieselbe Bedeutung wie das Suchen der Ursachen von Vorgängen.

Die Geschichte der Entwicklung der Wissenschaft ist gleichfalls die Geschichte der Entwicklungsmethoden. Wir können ohne zu übertreiben konstatieren, dass die Wissenschaft je nach den Erfolgen ihrer Methoden weiter fortschreitet. I. P. Pavlov schrieb: „Mit jedem Schritt der Methodik vorwärts, als ob wir uns emporheben würden, wo sich uns weitere Horizonte mit Objekten, die wir früher nicht sahen, öffnen.“<sup>8</sup> Dies können wir wirklich bejahen.

Eine neue Methode in einem bestimmten Bereich der Wissenschaft eröffnet eine Serie von Entdeckungen, die die Kenntnisse des gegebenen wissenschaftlichen Bereichs erweitern und nicht selten eine fruchtbare Applikation in anderen wissenschaftlichen Zweigen ermöglichen. Z. B. Pavlovs chirurgische Operationsmethode brachte im Vergleich mit der früheren Vivisektionsmethode eine Reihe grundlegender Fakten aus der Physiologie der Verdauung, des Blutkreislaufs und der Tätigkeit des Nervensystems.

Vom J. 1934, als E. Fermi erstmalig einen Strom von Neutronen als Stossteile zum Bombardieren der Atome anderer Elemente verwendet hat, wurden durch Fermis Methode nahezu Hunderte von Isotopen gefunden, die fast zu allen Elementen in Mendělejevs periodischem System gehören. Die radioaktiven Isotopen haben sich dann als eine glänzende Grundlage neuer Forschungsmethoden bewährt, die man in den verschiedensten wissenschaftlichen Zweigen applizieren kann. In der Pflanzenphysiologie war es erst mit der Anwendung der Radioisotopen möglich den Grundmechanismus der Photosynthese zu erfinden, ein Problem, das der experimentalen Forschung mit Hilfe früherer Methoden Widerstand leistete. Das letzte Beispiel zeigt gleichzeitig auch auf den engen Zusammenhang der Entdeckung und der Methode. Neue Entdeckungen bringen neue Methoden und zu grundlegenden Entdeckungen kommt es gewöhnlich durch Verwendung neuer Methoden.

Wie wir schon andeuteten, ermöglicht oft erst eine neue Methode die Lösung einer Frage oder die Verifikation einer bestimmten Hypothese. Am Anfang des 19. Jh. hat z. B. J. Dalton die Annahme geäußert, dass die Atome der Elemente sich in chemischen Reaktionen bei Einhaltung bestimmter gesetzmässiger Verhältnisse verbinden. Seine theoretischen Ausführungen konnte er aber mit den damals bekannten Methoden experimental nicht beweisen. Erst einige Jahre später hat Daltons Voraussetzung J. Berzelius bestätigt. Er hat die verhältnismässige Menge der Substanzen bestimmt, in der sich die Elemente verbinden, aber vorher arbeitete er genaue analytische Methoden aus, von denen J. Dalton noch keine Ahnung hatte.

Die Methode selbst ist nicht etwas unveränderbares, das immer von ihrem Autor gegeben ist. In den Händen des Forschers wird sie modifiziert, entwickelt und vervollkommenet. Als Beispiel sei die chromatographische Methode, die von N. S. Cvet entdeckt wurde, einem Botaniker, der sie in den J. 1903—1906 zur Teilung von pflanzlichen Farbstoffen verwendete. Die ursprüngliche Methode wurde aus der verschiedenen Adsorptivität der Bestandteile der Mischung be-

gründet und bestand auf einer fortschreitenden, sich wiederholenden Festsetzung des Gleichgewichts zwischen dem unbeweglichen Adsorbenten und der sich bewegenden Lösung der geteilten Mischung. Diese Chromatographie, Adsorptionschromatographie genannt, ist besonders seit den dreissiger Jahren intensiv ausgearbeitet worden. Ausserdem entstanden neue Fachgebiete der Chromatographie, die auf verschiedenen getrennten Koeffizienten von Substanzen zwischen zwei flüssigen Phasen — geteilte Chromatographie — oder auf verschiedenen Bindungen von Ionen in dissoziierten Verbindungen mit Kationen — Ionenchromatographie — begründet waren. Die Chromatographie kam in wissenschaftlichen Laboratorien in verschiedenartigsten Bereichen zur Geltung und sie wird auch in chemischen Betrieben verwendet. Und die Entwicklung dieser reichhaltigen Methode ist noch nicht beendet.

In der Geschichte der Wissenschaften können wir oft die folgende Genese einer Methode beobachten: eine neue Entdeckung verbunden mit einer neuen Methode (auch umgekehrt) ist der Beginn weiterer Vervollkommnung einer erfolgreichen Methode und ihre allgemeine Applikation. Die Möglichkeiten einer Methode erschöpfen sich mit der Zeit und eine eingelebte Methode kann mit der Zeit auch eine Hemmung der weiteren Erkenntnis werden. Z. B. die Physiologie des Gehirns, die sich auf die Methode der Extirpation und der Reizung in Bedingungen des groben Vivisektionsexperiments stützt, endete in der zweiten Hälfte des 19. Jh. in einer Sackgasse. Die damaligen Methoden hatten allgemein nichts Neues zu enthüllen. Nach einer dreissigjährigen Stagnation in diesem Bereich trat I. P. Pavlov mit neuen, weitaus schonenderen und physiologischeren Methoden auf, welche die Erforschung der Nervenfunktionen auf einen Versuchsobjekt mit einem unversehrten Nervensystem erlaubten. Die sowjetische Neurophysiologie, die sich auf Pavlovs Methoden stützt, erreichte in den folgenden 40 Jahren grosse Erfolge. Jedoch dadurch, dass sie sich orthodox nur an diese Methoden hielt (ein Einfluss der Epoche des Dogmatismus), verfiel sie allmählich in den Stand methodischer Eintönigkeit und Anhäufung unwichtiger Fakten. Erst durch die Anwendung neuer Methoden (die elektrophysiologische Methode, das Modellieren der Funktionselemente der Gehirn-lätigkeit usw.), die von westlichen Forschern ausgearbeitet wurden, besserte sich die Situation. (Näheres s. bei Martinek.)<sup>10</sup>

Gegenwärtig können wir verfolgen, wie die Methoden der Erforschung der Antibiotika, die in die Pharmakologie von den Vätern der Chemotherapie P. Ehrlich, G. Domagk, A. Fleming eingeführt wurden und durch eine Reihe ihrer Nachfolger ausgearbeitet wurden, die äussersten Grenzen ihrer Möglichkeiten erreichen. Während es früher genügte einige Tausend wirksame Stämme, die eine antibiotische Substanz ausscheideten, um ein passendes Antibiotikum für die Verwendung in der Praxis zu finden, führt man heute an, dass es nötig ist ungefähr eine halbe Million Stämme zu isolieren. Die immer kostspieligere und intensivere Arbeit bringt nur magere Resultate. Es zeigte sich, dass die Ausarbeitung erfolgreicherer Methoden der Erforschung neuer Antibiotika die Erfindung gründlicherer Gesetzmässigkeiten der Bildung antibiotischer Eigenschaften und des Einflusses der Antibiotika auf den Organismus erfordert.<sup>11</sup> Das bezieht sich nicht nur auf die konkreten Methoden der experimentalen Forschung, sondern auch auf die allgemeinsten.

Beachten wir z. B. die Methoden der beschreibenden und analytischen Ansichten und der späteren vergleichenden Methode in den Anfängen der Ent-

wicklung der Biologie (ungefähr im 16.—18. Jh.), als sich hauptsächlich die systematische Zweige — Botanik und Zoologie — konstituierten. Die Naturwissenschaftler dieser Zeitepoche stellen eine Fortsetzung der Arbeiten der Antike dar. Sie eignen sich ihrer Versuchsmethode an und sie entwickeln sie weiter: Sie sammeln ein riesiges Material, beschreiben mit immer grösserer Genauigkeit neue Gattungen. In 100 Jahren wurde die Beschreibende Methode in dem Werk von K. Bauhin zur Vervollkommnung geführt. (Interessanterweise unterscheidet K. Bauhin 6000 Arten von Pflanzen, sein um 100 Jahre jüngerer Vorgänger L. Fuchs 500.) Die beschreibende Methode ist jedoch erschöpft und die zweite Hälfte des 17. Jh. bedeutet eine Epoche der Stagnation. Allmählich wächst das Verständnis für das Begreifen der Ähnlichkeit und der Verwandtschaft einzelner Pflanz- und Tiergattungen und im 18. Jh. wird eine neue Methode, die Vergleichsmethode geschaffen, die die Biologie zu neuen grossartigen Erfindungen führte.

Den Schlüssel zur allgemeinen Erklärung der Gesetzmässigkeiten gibt die Beziehung der Methode und der Erfindung. Die neue Methode wächst aus den bisherigen Entdeckungen, mit anderen Worten sie ist abhängig von den bestehenden Niveau der Wissenschaft, ihrer methodischen Ausrüstung und ihrer geltenden Theorien. Die Benützung einer neuen Methode verschiebt die Grenze der Kenntnisse um eine Stufe höher. Hier verliert aber unsere Methode ihre Wirksamkeit, denn sie kann sich nicht von ihrer Basis lösen — einem bestimmten Niveau (überholten) der Wissenschaft.

Mit dem Fortschritt des Erkennens erschöpfen sich die Methoden, sie werden verlassen und durch neue ersetzt. Das bedeutet allerdings nicht, dass diese Methoden zur Seite geschoben werden. Keineswegs. Sie sind ständig in dem Register der Instrumente für Forschungsarbeit eingeschrieben und viele von ihnen werden Bestandteile und Glieder in einer Kette anderer und komplizierterer Methoden.

Hand in Hand mit dem Anwachsen der neuen Methoden der Forschung geht die Entstehung und Vervollkommnung der Werkzeuge und Instrumente, die in der experimentalen Praxis verwendet werden, von sich. Auch wenn die Beziehung zwischen der Methode und dem Werkzeug nicht so einfach ist, dass jede neue Methode automatisch auch ein neues Werkzeug oder Instrument bedeuten würde, geht daraus doch klar die Tendenz hervor, immer neuere und vollkommene Instrumente zusammenzustellen.

Die heutigen Naturwissenschaftler, welche von einer Menge neuer Apparaturen umringt sind und eine reichliche Fülle von Methoden zur Verfügung haben und untereinander sowohl in der Kompliziertheit als auch in der Anspruchsvolligkeit wetteifern, vergessen zeitweise daran, dass auch die wunderbarsten Methoden und Instrumente nur Behelfe des Forschers bei seiner schöpferischen Tätigkeit sind. Die wissenschaftliche Arbeit im Rahmen der bewährten Methoden verliert ihren schöpferischen Charakter und bringt nur Resultate zweiten Ranges.

## ANMERKUNGEN

- <sup>1</sup> A. Kolman, *O zákonitostech vývoje přírodních věd*, Filosofický časopis 1960/3, S. 318 bis 325.
- I. T. Frolov, *O metodach sovremennogo biologičeskogo issledovanija*, Voprosy filosofii 1961/11, S. 63.
- <sup>2</sup> P. Selucký, *Zum Artikel des Akad. P. Kapici — Theorie, experiment, prave*, Vesmír 1963/1, S. 24.
- <sup>3</sup> A. Bláha, *Úloha experimentu ve vědecké metodě práce*, Filosofický časopis 1961/3, S. 452 bis 456.
- <sup>4</sup> C. Bernard, *Život a dílo*, Praha 1961, S. 109.
- <sup>5</sup> J. Tvrđý, *Logika*, Praha 1937, S. 176.
- <sup>6</sup> F. Herčík, *Mladý biolog*, Praha 1945, S. 26.
- <sup>7</sup> F. Bacon, *Nové Organon*, Praha 1945, S. XI.
- <sup>8</sup> I. P. Pavlov, *Vybrané spisy*, Praha 1954, S. 57.
- <sup>9</sup> C. Michalec, *Chromatografie na vrstvách s pojídlem*, Chemické listy 1961/55, S. 974.
- <sup>10</sup> Z. Martínek, *Současný stav reflexní teorie v sovětské fyziologii*, Československá fyziologie 1964/4, S. 293—302.
- <sup>11</sup> I. Málek, *Biologie v budoucnosti*, Praha 1961, S. 101—102.

Übersetzt von J. Sedláčková

## K NĚKTERÝM OTÁZKÁM EXPERIMENTU V PŘÍRODNÍCH VĚDÁCH

I. Přírodovědecký experiment bývá charakterizován jako materiální zásah do přírodních dějů a konstatování následků tohoto zásahu. Každý materiální zásah do přírody však není pokusem. Může jít jen o určitý druh pozorování (příprava mikroskopického preparátu, pitva apod.). Pokus je jen takový zásah do objektivní reality, jímž nutíme přírodu k odpovědi na nějakou otázku.

Nutným předpokladem pro použití metody experimentu je izolace zkoumaného jevu či procesu a nalezení jeho základního souboru podmínek. Charakteristickým znakem pokusu pak je zachovávaní definovaných podmínek při provádění experimentu, což zároveň umožňuje opakovatelnost pokusu.

Experimentální zásah spočívá v tom, že experimentátor provádí různé změny v souboru podmínek zkoumaného jevu nebo uvádí sledovaný jev v interakci s jevem jiným. Těmito zásahy badatel vědomě rušivě působí na normální chod přírodních dějů; vzhledem k sledovaným objektům jsou to zásahy analytického charakteru. V praxi experimentálních věd se však setkáváme i se zásahy charakteru opačného.

II. Experiment je otázka, již se ptáme na neznámý jev, podmínku, vztah atd. Z postavení otázky nám vyplývá struktura experimentu, v němž má své přirozené místo metoda. V našich úvahách je význam pojmu „metoda“ zúžen na způsoby, kterých užívá experimentátor ve svých pokusech.

Nová metoda v určitém odvětví vědy zahajuje sérii objevů, které rozšiřují znalosti daného oboru a neziřídka umožňuje plodnou aplikaci i v ostatních vědních disciplínách. Samotná metoda není něco neměnného. V rukou výzkumníků se modifikuje a zdokonaluje, prodělává vývoj. Často můžeme pozorovat tuto genezi metody: nový objev spojený s novou metodou (také obráceně) je počátkem dalšího zdokonalování úspěšné metody a její všestranné aplikace. Klíč k nejobecnějšímu vysvětlení zákonitosti dává vztah metody a objevu. Nová metoda vyrůstá z dosavadních znalostí. Její použití posunuje hranici poznání o stupeň výš, ale zde už metoda ztrácí účinnost, neboť se nemůže odpoutat od své základny — určité překonané úrovně vědy.