

I. Wissenschaftslehre in entwicklungstheoretischer und in logischer Sicht

Die Grundthese, die ich Ihnen in diesem Vortrag unterbreiten möchte, kann folgendermaßen formuliert werden:

Die Naturwissenschaften sowie die Sozialwissenschaften gehen immer von *Problemen* aus; davon, daß etwas unsere *Verwunderung* erregt, wie die griechischen Philosophen sagten. Zur Lösung dieser Probleme verwenden die Wissenschaften grundsätzlich dieselbe Methode, die der gesunde Menschenverstand verwendet: die Methode von *Versuch und Irrtum*. Genauer ausgedrückt: Es ist die Methode, *versuchsweise* Lösungen unseres Problems aufzustellen und dann die falschen Lösungen als irrtümlich zu eliminieren. Diese Methode setzt voraus, daß wir mit einer Vielzahl von *versuchsweisen* Lösungen arbeiten. Eine Lösung nach der anderen wird ausprobiert und eliminiert.

Im Grunde scheint dieses Verfahren das einzige logisch mögliche zu sein. Es ist auch das Verfahren, das ein niederer Organismus und sogar die einzellige Amöbe verwendet, wenn sie versucht, ein Problem zu lösen. In diesem Fall sprechen wir von Probierbewegungen, durch die der Organismus versucht, ein lästiges Problem loszuwerden. Höhere Organismen können durch Versuch und Irrtum *lernen*, wie ein bestimmtes Problem zu lösen ist. Wir können sagen, daß auch sie Probierbewegungen machen – geistige Probierbewegun-

gen; und das Lernen besteht, im wesentlichen, darin, daß eine Probiertbewegung nach der anderen ausprobiert wird, bis sich eine findet, die das Problem löst. Die erfolgreiche Lösung des Tieres können wir mit einer *Erwartung* und daher mit einer *Hypothese* oder einer *Theorie* vergleichen; denn das Verhalten des Tieres zeigt uns, daß es erwartet (wenn auch vielleicht unbewußt oder dispositionell), daß in einem ähnlichen Fall dieselben Probiertbewegungen dieses Problem wieder lösen werden.

Wir können sagen, daß das Verhalten von Tieren und auch von Pflanzen zeigt, daß Organismen auf Regelmäßigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten eingestellt sind. Sie *erwarten* Regelmäßigkeiten oder Gesetzmäßigkeiten in ihrer Umgebung, und die meisten dieser Erwartungen sind, vermute ich, genetisch bedingt, das heißt, angeboren.

Ein *Problem* entsteht für das Tier, wenn eine Erwartung fehlschlägt. Das führt dann zu den Probiertbewegungen und daher zu den Versuchen, die fehlgeschlagene Erwartung durch eine neue zu ersetzen.

Wenn ein höherer Organismus zu oft in seinen Erwartungen getäuscht wird, so bricht er zusammen. Er kann das Problem nicht lösen; er geht zugrunde.

Ich möchte das, was ich bisher über das Lernen durch Versuch und Irrtum gesagt habe, in einem dreistufigen Schema zusammenfassen. Das Schema besteht aus den folgenden drei Stufen:

1. *das Problem*;
2. *die Lösungsversuche*;
3. *die Elimination*.

Die erste Stufe unseres Schemas ist also *das Problem*. Das Problem entsteht, wenn irgendeine Störung eintritt; eine Störung entweder von angeborenen Erwartungen oder von Erwartungen, die durch Versuche und Irrtum entdeckt oder erlernt wurden.

Die zweite Stufe unseres Schemas sind die *Lösungsversuche*, also die Versuche, *das Problem zu lösen*.

Die dritte Stufe unseres Schemas ist die *Elimination* oder die Ausmerzung der erfolglosen Lösungsversuche.

Für dieses dreistufige Schema ist es wesentlich, daß es pluralistisch ist: Die erste Stufe, das Problem, kann im Singular auftreten, nicht aber die zweite Stufe, die ich »Lösungsversuche« im Plural genannt habe. Schon im Tierversuch sprechen wir von Probiertbewegungen; und das Wort »Probiertbewegungen« ist ein Plural. Es hätte wenig Sinn, eine vereinzelt Bewegung eine Probiertbewegung zu nennen.

Stufe 2, die Lösungsversuche, sind also Probiertbewegungen und daher in der Mehrzahl; sie werden in der dritten Stufe unseres Schemas dem *Eliminationsverfahren* unterworfen.

Stufe 3, die *Elimination*, ist *negativ*: Die Elimination ist im wesentlichen eine Elimination von *Irrtümern*. Wenn ein erfolgreicher oder irrümlicher Lösungsversuch eliminiert wird, so steht das Problem ungelöst da und gibt Anlaß zu neuen Lösungsversuchen.

Was geschieht aber, wenn ein Lösungsversuch schließlich erfolgreich ist? Es geschieht zweierlei: Erstens wird der erfolgreiche Lösungsversuch *erlernt*; das geschieht bei Tieren im allgemeinen so, daß – wenn ein ähnliches Problem wieder auftaucht – die früheren Probiertbewegungen, einschließlich der erfolglosen, in der ursprünglichen Reihenfolge kurz und andeutungsweise wiederholt werden; sie werden bis zum erfolgreichen Lösungsversuch durchlaufen.

Das Lernen besteht darin, daß die erfolglosen oder eliminierten Lösungsversuche mehr und mehr zum Niveau von Andeutungen herabsinken, so daß schließlich der erfolgreiche Lösungsversuch fast allein auftritt. Das ist also das Eliminationsverfahren, das wesentlich auf einem Pluralismus der Lösungsversuche aufbaut.

Wir können sagen, daß der Organismus auf diese Weise eine

neue *Erwartung* erlernt hat. Wir können sein Verhalten so beschreiben, daß wir sagen: Er erwartet, daß das Problem durch die Probiertbewegungen, und zwar schließlich durch die letzte, durch die nicht mehr eliminierte Probiertbewegung, gelöst wird.

Der Ausbildung dieser Erwartung des Organismus entspricht auf dem wissenschaftstheoretischen Niveau, wie wir bald sehen werden, die Bildung von Hypothesen oder Theorien. Bevor ich aber zur Besprechung der wissenschaftlichen Theoriebildung übergehe, möchte ich noch auf eine andere biologische Anwendung meines *dreistufigen Schemas* aufmerksam machen. Mein *dreistufiges Schema*,

1. *das Problem*;
2. *Lösungsversuche*;
3. *Elimination*,

kann auch als Schema der Darwinistischen Entwicklungstheorie aufgefaßt werden. Es ist nicht nur auf die Entwicklung des einzelnen Organismus anwendbar, sondern auch auf die *Entstehung der Arten*. Eine Veränderung der Umweltbedingungen oder auch der inneren Struktur des Organismus erzeugt, unserem dreistufigen Schema gemäß, ein *Problem*. Es ist ein *Problem der Anpassung* für die *Art*, die *Spezies*; das heißt, die *Art* kann nur dann weiterbestehen, wenn sie das Problem durch eine Änderung ihrer genetischen Struktur löst. Wie geschieht das, nach der Auffassung des Darwinismus? Unser genetischer Apparat ist so gebaut, daß immer wieder Änderungen oder Mutationen in der genetischen Struktur auftreten. Der Darwinismus nimmt an, daß diese Mutationen im Sinne unseres dreistufigen Schemas als Punkt 2, als *Lösungsversuche*, fungieren. Die meisten Mutationen sind fatal: Sie sind tödlich für den Träger der Mutation, für den Organismus, in dem sie auftreten. Damit aber werden sie *eliminiert*, gemäß Punkt 3 unseres Schemas. In unserem dreistufigen Schema müssen wir also wieder auf den wesentlichen Pluralismus der zweiten Stufe, der *Lösungsversuche*,

hinweisen. Gäbe es nicht *sehr viele* Mutationen, so kämen sie als Lösungsversuche gar nicht in Frage. Wir müssen annehmen, daß eine hinreichend große *Mutabilität* für das Funktionieren unseres genetischen Apparates wesentlich ist.

Nun kann ich mich endlich meinem Hauptthema, der Wissenschaftslehre oder Wissenschaftslogik, zuwenden.

Meine erste These ist hier, daß die Wissenschaft ein biologisches Phänomen ist. Die Wissenschaft ist aus der vorwissenschaftlichen Erkenntnis entstanden, sie ist eine höchst merkwürdige Weiterbildung der Erkenntnisweise des gesunden Menschenverstandes, die ihrerseits wieder als eine Weiterbildung der tierischen Erkenntnis aufgefaßt werden kann.

Meine zweite These ist, daß unser dreistufiges Schema auch auf die *Wissenschaft* anwendbar ist.

Daß die Wissenschaften, wie schon die griechischen Philosophen sahen, vom *Problem*, von der *Verwunderung* über etwas ausgehen, das an sich etwas Alltägliches sein kann, aber für den wissenschaftlichen Denker eben zur Verwunderung, zum Problem wird, das habe ich schon am Anfang angedeutet. Meine These ist, daß jede wissenschaftliche Entwicklung nur so zu verstehen ist, daß ihr Ausgangspunkt ein *Problem* ist, oder eine *Problemsituation*, das heißt, das Auftauchen eines Problems in einer bestimmten Situation unseres Gesamtwissens.

Dieser Punkt ist von größter Bedeutung. Die ältere Wissenschaftstheorie lehrte – und sie lehrt es noch immer –, daß der Ausgangspunkt der Wissenschaft unsere Sinneswahrnehmung oder die sinnliche Beobachtung ist. Das klingt zunächst durchaus vernünftig und überzeugend, ist aber grundfalsch. Man kann das leicht durch die folgende These zeigen: *ohne Problem keine Beobachtung*. Wenn ich Sie auffordere: »Bitte, beobachten Sie!«, so sollten Sie mich, dem Sprachgebrauch gemäß, fragen: »Ja, aber was? Was soll ich beobachten?« Mit anderen Worten, Sie bitten mich, Ihnen ein *Problem* anzugeben, das

durch Ihre Beobachtung gelöst werden kann; und wenn ich Ihnen kein *Problem* angebe, sondern nur ein *Objekt*, so ist das zwar schon etwas besser, aber keineswegs befriedigend. Wenn ich Ihnen zum Beispiel sage: »Bitte, beobachten Sie Ihre Uhr«, so werden Sie noch immer nicht wissen, was ich eigentlich beobachtet haben will. Wenn ich Ihnen aber ein ganz triviales *Problem* stelle, dann wird die Sache anders. Sie werden sich vielleicht für das Problem nicht interessieren, aber Sie werden wenigstens wissen, was Sie durch Ihre Wahrnehmung oder Beobachtung feststellen sollen. (Als Beispiel könnten Sie das Problem nehmen, ob der Mond im Zunehmen oder Abnehmen ist; oder in welcher Stadt das Buch, das Sie gegenwärtig lesen, gedruckt wurde.)

Wie kam die ältere Wissenschaftstheorie zu der falschen Idee, daß wir in der Wissenschaft von Sinneswahrnehmungen oder von Beobachtungen ausgehen, statt von Problemen?

Die ältere Wissenschaftstheorie war in diesem Punkt von der Erkenntnistheorie des gesunden Menschenverstandes abhängig. Dieser sagt uns nämlich, daß unser Wissen über die Außenwelt durchweg von unseren Sinneseindrücken abhängt.

Ich bin im allgemeinen ein großer Verehrer des gesunden Menschenverstandes; ich behaupte sogar, daß, wenn wir nur ein wenig kritisch sind, der gesunde Menschenverstand der wertvollste und verlässlichste Ratgeber in allen möglichen Problemsituationen ist. Aber er ist *nicht immer verlässlich*; und wenn es zu wissenschaftstheoretischen oder erkenntnistheoretischen Fragen kommt, dann ist es von der größten Wichtigkeit, ihm wirklich kritisch gegenüberzustehen.

So ist es selbstverständlich richtig, daß unsere Sinnesorgane uns über unsere Umwelt informieren und daß wir sie zu diesem Zweck dringend brauchen. Aber daraus dürfen wir nicht die Schlussfolgerung ziehen, daß unsere Erkenntnis mit der Sinneswahrnehmung beginnt. Im Gegenteil, unsere Sinne sind, entwicklungstheoretisch gesehen, Werkzeuge, die sich ausgebil-

det haben, um bestimmte biologische *Probleme* zu lösen. So haben sich die tierischen und menschlichen *Augen* anscheinend ausgebildet, um Lebewesen, die ihren Standort ändern und sich bewegen können, vor gefährlichen Zusammenstößen mit harten Körpern, an denen sie sich verletzen könnten, rechtzeitig zu warnen. Entwicklungstheoretisch gesehen sind unsere Sinnesorgane das Resultat von Problemen und Lösungsversuchen, genau wie unsere Mikroskope oder unsere Ferngläser. Und das zeigt, daß das Problem, biologisch gesehen, *vor* der Beobachtung oder Sinneswahrnehmung kommt: Beobachtungen oder Sinneswahrnehmungen sind wichtige Hilfsmittel unserer *Lösungsversuche* und spielen ihre Hauptrolle in der *Elimination*. Mein dreistufiges Schema ist also in folgender Weise auf die Wissenschaftslogik oder Methodologie anwendbar:

1. Der Ausgangspunkt ist immer ein *Problem* oder eine Problemsituation.
2. Dann folgen *Lösungsversuche*. Diese bestehen immer aus Theorien, und diese Theorien sind, da sie *Versuche* sind, sehr häufig irrig: Sie sind und bleiben immer Hypothesen oder Vermutungen.
3. Auch in der Wissenschaft lernen wir durch die *Elimination* unserer Irrtümer, durch die *Elimination* unserer falschen Theorien.

Unser dreistufiges Schema,

1. *Problem*;
2. *Lösungsversuche*;
3. *Elimination*,

ist also anwendbar auf eine Beschreibung der Wissenschaft. Damit kommen wir zu unserer zentralen Frage:

Worin liegt das Besondere der menschlichen Wissenschaft?

Was ist der entscheidende Unterschied zwischen einer Amöbe und einem großen Wissenschaftler wie Newton oder Einstein?

Die Antwort auf diese Frage ist: Das Besondere der Wissen-

schaft liegt in der bewußten Anwendung der *kritischen Methode*; in der 3. Stufe unseres Schemas, der Elimination unserer Irrtümer, gehen wir bewußt kritisch vor.

Es ist die kritische Methode allein, die das außerordentlich schnelle Wachstum der wissenschaftlichen Form des Wissens, den außerordentlichen wissenschaftlichen Fortschritt, erklärt. Alle vorwissenschaftliche Erkenntnis, ob tierisch oder menschlich, ist *dogmatisch*; und mit der Erfindung der nicht-dogmatischen Methode, das heißt, der kritischen Methode, beginnt die Wissenschaft.

Die Erfindung der kritischen Methode setzt jedenfalls eine deskriptive menschliche *Sprache* voraus und eine Sprache, in der man kritische *Argumente* entwickeln kann. Möglicherweise setzt die kritische Methode sogar eine Schrift voraus. Denn die kritische Methode besteht im wesentlichen darin, daß unsere Lösungsversuche, unsere Theorien und unsere Hypothesen, uns, sprachlich formuliert, objektiv *vorgelegt* werden können, so daß sie zu *Objekten einer bewußt kritischen Untersuchung* gemacht werden können.

Es ist sehr wichtig, sich darüber klar zu werden, was für ein ungeheurer Unterschied besteht zwischen einem bloß subjektiv oder privat gedachten oder für wahr gehaltenen Gedanken, einem dispositionellen psychologischen Gebilde, und *demselben* Gedanken, der sprachlich (oder vielleicht sogar schriftlich) formuliert ist und somit der öffentlichen Diskussion unterbreitet werden kann.

Meine These ist, daß es ein ungemein wichtiger Schritt ist, ein Schritt über einen Abgrund sozusagen, der von meinem ungesprochenen Gedanken: »Heute wird es regnen« zu demselben, aber ausgesprochenen Satz »Heute wird es regnen« führt. Zunächst erscheint dieser Schritt, die Aussprache eines Gedankens, gar kein so großer Schritt zu sein. Aber die sprachliche Formulierung bedeutet, daß etwas, was vorher Teil meiner Persönlichkeit, meiner Erwartungen und vielleicht Be-

fürchtungen war, nunmehr objektiv vorliegt und damit der allgemeinen kritischen Diskussion zugänglich wird. Aber auch für mich selbst ist der Unterschied ungeheuer. Der ausgesprochene Satz, zum Beispiel die ausgesprochene Voraussetzung, wird durch die sprachliche Formulierung von meiner Person losgelöst. Sie wird damit unabhängig von meinen Stimmungen, Hoffnungen und Befürchtungen. Sie ist *objektiviert*: Sie kann von anderen, aber auch von mir selbst *versuchsweise* bejaht, aber auch *versuchsweise* verneint werden; die Gründe für und wider können abgewogen und diskutiert werden; und es kann zu einer Parteibildung für und wider die Voraussetzung kommen.

Wir kommen hier zu einer wichtigen Unterscheidung zwischen zwei Bedeutungen des Wortes »Wissen« – *Wissen im subjektiven und im objektiven Sinn*. Gewöhnlich wird Wissen als ein subjektiver oder geistiger Zustand betrachtet. Man geht aus von der Verbalform »ich weiß« und erklärt das Wissen als eine bestimmte Art des Glaubens, nämlich als eine Art des Glaubens, die auf *zureichenden Gründen* beruht. Die subjektive Interpretation des Wortes »Wissen« hat die ältere Wissenschaftstheorie zu stark beeinflusst, denn sie ist völlig unbrauchbar für eine Theorie der Wissenschaft, da die Wissenschaft aus objektiven, sprachlich formulierten Sätzen, aus Hypothesen und aus Problemen besteht und nicht aus subjektiven Erwartungen oder subjektiven Überzeugungen.

Die Wissenschaft ist ein Produkt des menschlichen Geistes, aber dieses Produkt ist ebenso objektiv wie eine Kathedrale. Wenn man sagt, daß ein Satz ein sprachlich ausgedrückter Gedanke ist, so ist das zwar richtig, aber es bringt diese Objektivität des Satzes nicht scharf genug heraus. Das hängt mit einer Zweideutigkeit des Wortes »Gedanke« zusammen. Wie insbesondere die Philosophen Bernhard Bolzano und nach ihm Gottlob Frege betont haben, muß man den *subjektiven Denkvorgang* vom *objektiven Inhalt* oder vom *logischen* oder *informativen Gehalt* eines Gedankens unterscheiden. Wenn ich

sage: »Die Gedanken von Mohammed sind sehr verschieden von denen Buddhas«, dann spreche ich nicht über die Denkvorgänge zweier Männer, sondern über den logischen Gehalt zweier Lehren oder Theorien.

Denkvorgänge können in kausalen Beziehungen stehen. Wenn ich sage: »Spinozas Lehre war von der Lehre von Descartes beeinflusst«, dann beschreibe ich eine kausale Beziehung zwischen zwei Männern und stelle etwas über Spinozas Denkvorgänge fest.

Aber wenn ich sage: »Dennoch steht Spinozas Lehre in einigen wichtigen Punkten mit der Lehre von Descartes im Widerspruch«, dann spreche ich über den objektiven logischen Gehalt der beiden Lehren und nicht über Denkvorgänge. Der logische Gehalt von Sätzen ist es, auf den ich vor allem anderen abziele, wenn ich den Charakter der Objektivität der menschlichen Sprache betone. Und wenn ich vorher sagte, daß nur der ausgesprochene Gedanke zum Objekt der Kritik gemacht werden kann, dann meinte ich, daß nicht der psychologische Vorgang des Denkens, sondern nur der logische Gehalt eines Satzes kritisch diskutiert werden kann. Ich möchte Sie jetzt noch einmal an mein dreistufiges Schema erinnern:

1. *Problem*;
 2. *Lösungsversuche*;
 3. *Elimination*,
- und an meine Bemerkung, daß dieses Schema des Erwerbs von neuem Wissen von der Amöbe bis zu Einstein anwendbar ist.

Worin besteht der Unterschied? Diese Frage ist für die Theorie der Wissenschaft entscheidend.

Der entscheidende Unterschied besteht in Stufe 3, in der *Elimination* der Lösungsversuche.

In der vorwissenschaftlichen Entwicklung des Wissens ist die *Elimination* etwas, das mit uns geschieht: Es ist die Umwelt, die unsere Lösungsversuche eliminiert; wir sind an der

Elimination nicht aktiv, sondern nur passiv beteiligt: Wir erleiden die Elimination, und wenn sie zu oft unsere Lösungsversuche zerstört oder wenn sie einen Lösungsversuch zerstört, der vorher erfolgreich war, so zerstört sie damit nicht nur den Lösungsversuch, sondern uns selbst, das heißt, den Träger der Lösungsversuche. Das ist klar im Falle der Darwinschen Auslese.

Das entscheidend Neue der wissenschaftlichen Methode und der wissenschaftlichen Einstellung liegt nun darin, daß wir in der Wissenschaft aktiv an der Elimination interessiert und beteiligt sind. Die Lösungsversuche sind objektiviert; wir sind nicht mehr mit unseren Lösungsversuchen identifiziert. Ob wir uns des dreistufigen Schemas mehr oder weniger bewußt sind oder auch gar nicht, das Neue in der wissenschaftlichen Einstellung besteht darin, daß wir aktiv versuchen, unsere Lösungsversuche zu eliminieren. Wir unterwerfen unsere Lösungsversuche der Kritik, und diese Kritik arbeitet mit allen Mitteln, die wir zur Verfügung haben und die wir herstellen können. Zum Beispiel: Anstatt zu warten, bis unsere Umwelt einen Lösungsversuch, eine Theorie, widerlegt, versuchen wir, die Umwelt so zu ändern, daß sie für unseren Lösungsversuch *möglichst ungünstig* wird. In dieser Weise stellen wir unsere Theorien auf die Probe; und zwar versuchen wir sie auf die schwerste Probe zu stellen. Wir tun alles, um unsere Theorie zu eliminieren, denn wir wollen selbst die Theorien herausfinden, die *falsch* sind.

Die Frage: Worin liegt der entscheidende Unterschied zwischen der Amöbe und Einstein, kann also wie folgt beantwortet werden:

Die Amöbe flieht vor der Falsifikation: Ihre Erwartung ist ein Teil von ihr, und vorwissenschaftliche Träger von Erwartungen oder Hypothesen werden oft durch die Widerlegung der Hypothese vernichtet. Einstein dagegen hat seine Hypothese objektiviert. Die Hypothese ist etwas außerhalb von ihm;

und der Wissenschaftler kann seine Hypothese durch seine Kritik vernichten, ohne selbst mit ihr zugrunde zu gehen. In der Wissenschaft lassen wir unsere Hypothesen für uns sterben.

Damit bin ich bei meiner Hypothese angelangt, jener Theorie, die von so vielen Anhängern der traditionellen Wissenschaftstheorie als paradox verschrien wurde. Meine Hauptthese ist: Was die wissenschaftliche Einstellung und die wissenschaftliche Methode von der vorwissenschaftlichen Einstellung unterscheidet, das ist die Methode der *Falsifikationsversuche*. Jeder Lösungsversuch, jede Theorie, wird so streng, wie es uns nur möglich ist, überprüft. Aber eine strenge Prüfung ist immer ein Versuch, die *Schwächen* des Prüflings herauszufinden. So ist auch unsere Überprüfung der Theorien ein Versuch, ihre Schwächen aufzudecken. Die Überprüfung einer Theorie ist also ein Versuch, die Theorie zu widerlegen oder zu *falsifizieren*.

Das bedeutet natürlich nicht, daß ein Forscher, dem es gelingt, seine eigene Theorie zu falsifizieren, sich immer darüber freuen wird. Die Theorie wurde ja von ihm als ein *Lösungsversuch* aufgestellt, und das bedeutet, daß die Theorie auch harten Prüfungen standhalten werde. Viele Wissenschaftler, die einen hoffnungsvollen Lösungsversuch falsifizieren, werden persönlich schwer enttäuscht sein.

Das Ziel, die Theorie zu falsifizieren, wird oft kein persönliches Ziel des Wissenschaftlers sein, und oft genug wird auch ein echter Wissenschaftler versuchen, eine Theorie, auf die er große Hoffnungen setzte, gegen einen Falsifikationsversuch zu verteidigen.

Das ist vom Standpunkt der Wissenschaftstheorie durchaus begrüßenswert; denn wie könnten wir sonst *echte* Falsifikationen von *scheinbaren* Falsifikationen unterscheiden? Wir brauchen in der Wissenschaft eine Art von Parteibildung für und gegen jede Theorie, die einer ernsthaften Prüfung unterworfen

wird; denn wir brauchen eine rationale wissenschaftliche *Diskussion*. Und nicht immer wird die Diskussion zu einer klaren Entscheidung führen.

Die wesentliche und neue Einstellung, die die Wissenschaft zu dem macht, was sie ist, ist aber jedenfalls die *kritische* Einstellung, und die wird erreicht, vor allem anderen, durch die objektive, öffentliche, sprachliche Formulierung ihrer Theorien. Das führt dann gewöhnlich zur Parteinahme und damit zur kritischen Diskussion. Oft ist die Diskussion durch viele Jahre hindurch unentschieden, wie die berühmte Diskussion zwischen Albert Einstein und Niels Bohr. Jedenfalls haben wir keine Garantie, daß sich jede wissenschaftliche Diskussion entscheiden läßt. Es gibt keine Garantie für den wissenschaftlichen Fortschritt.

Meine Hauptthese ist also, daß das Neue, das die Wissenschaft und die wissenschaftliche Methode von der Vorwissenschaft und der vorwissenschaftlichen Einstellung unterscheidet, die bewußt kritische Einstellung zu den Lösungsversuchen ist; es ist also die aktive Teilnahme an der Elimination, die aktiven Eliminationsversuche, die Versuche, zu kritisieren, das heißt, zu falsifizieren.

Die umgekehrten Versuche, eine Theorie vor der Falsifikation zu retten, haben auch ihre methodologische Funktion, wie wir gesehen haben. Aber es ist meine These, daß eine solche dogmatische Einstellung im wesentlichen für das *vorwissenschaftliche* Denken charakteristisch ist, während die kritische Einstellung, der bewußte Falsifikationsversuch, zur *Wissenschaft* führt und die *wissenschaftliche Methode* beherrscht.

Trotz der methodologischen Funktion, die die wissenschaftliche Parteibildung zweifellos hat, ist es meiner Ansicht nach wichtig, daß der einzelne Forscher sich klar werden muß über die grundlegende Bedeutung der Falsifikationsversuche und auch der manchmal geglückten Falsifikation. Denn die wissen-

schaftliche Methode ist nicht *kumulativ*, wie es zum Beispiel Bacon von Verulam oder Sir James Jeans lehrte, sondern wesentlich *revolutionär*. Der wissenschaftliche Fortschritt besteht im wesentlichen darin, daß Theorien durch andere Theorien überholt und ersetzt werden. Diese neuen Theorien müssen innewohnend sein, alle jene Probleme, die die alten Theorien gelöst haben, wenigstens ebensogut zu lösen. So löst die Einsteinsche Theorie das Problem der Planetenbewegung und überhaupt der Makromechanik ebenso gut und *vielleicht sogar besser* als die Newtonsche Theorie. Aber die revolutionäre Theorie geht von neuen Annahmen aus, und sie geht, in ihren Folgerungen, wesentlich über die alte Theorie hinaus, zu der sie auch in einem direkten Widerspruch steht. Dieser Widerspruch erlaubt es, Experimente auszudenken, die zwischen der alten und der neuen Theorie entscheiden können; aber nur in dem Sinn, daß sie wenigstens eine der beiden Theorien falsifizieren können: Die Experimente können zwar die Superiorität der sie überlebenden Theorie erweisen, aber nicht ihre Wahrheit; und die überlebende Theorie kann ihrerseits bald wieder überholt werden.

Wenn ein Forscher diese Situation begriffen hat, wird er auch seiner von ihm selbst geschaffenen Lieblingstheorie kritisch gegenüberstehen. Er wird es vorziehen, sie selbst zu überprüfen und eventuell zu falsifizieren, als das seinen Kritikern zu überlassen.

Ein Beispiel, auf das ich stolz bin, ist mein alter Freund, der Gehirnphysiologe und Nobelpreisträger Sir John Eccles. John Eccles traf ich zum ersten Mal an der Universität von Otago (Dunedin, Neuseeland), wo ich eine Vortragsreihe hielt. Er beschäftigte sich seit Jahren schon experimentell mit dem Problem, wie der Nervenreiz über die Synapse von einer Nervenzelle auf die andere übertragen wird, also mit der Frage der »synaptischen Transmission«. Eine vor allem in Cambridge wirkende Schule um Sir Henry Dale nahm an, daß Moleküle

einer chemischen »Transmitter-Substanz« die Synapse (die die Nervenzellen trennt) überqueren und so den Reiz von einer Zelle auf die andere übertragen. Eccles' Experimente hatten allerdings gezeigt, daß die Zeitdauer der Übertragung außerordentlich kurz war – seiner Meinung nach zu kurz für die Transmitter-Substanz –, und er entwickelte deshalb in allen Einzelheiten die Theorie einer rein elektrischen Übertragung sowohl für die Transmission der Nervenregung wie auch für die Transmission der Hemmungen.

Aber ich darf wohl Eccles selbst sprechen lassen*: »Bis 1945 hatte ich folgende konventionelle Ideen über wissenschaftliche Forschung: Erstens, daß Hypothesen aus dem sorgfältigen und methodischen Sammeln von experimentellen Daten erwachsen. Das ist die induktive Idee über die Wissenschaft, die auf Bacon und Mill zurückgeht. Die meisten Wissenschaftler und Philosophen glauben immer noch, daß dies die wissenschaftliche Methode sei. Zweitens, daß die Güte eines Wissenschaftlers nach der Zuverlässigkeit der von ihm entwickelten Hypothesen beurteilt wird, die zweifelsohne mit der Anhäufung neuer Daten erweitert werden müßten, die aber – so hoffte man – als feste und sichere Fundamente weiteren theoretischen Entwicklungen dienen würden. Ein Wissenschaftler zieht es vor, über seine experimentellen Daten zu sprechen und Hypothesen nur als Arbeitsgerüst zu betrachten. Schließlich – und das ist der wichtigste Punkt – ist es im höchsten Maße bedauerlich und ein Zeichen von Versagen, wenn ein Wissenschaftler für eine Hypothese eintritt, die durch neue Daten widerlegt wird, so daß sie schließlicg ganz aufgegeben werden muß.

Das war mein Problem. Ich hatte lange eine Hypothese vertreten, bevor mir klar wurde, daß sie vermutlich verworfen

* Siehe sein Buch »Wahrheit und Wirklichkeit«, 1975, S. 143 ff.

werden müsse, und das deprimierte mich außerordentlich. Ich war in eine Kontroverse über Synapsen verwickelt gewesen und glaubte damals, daß die synaptische Übertragung zwischen Nervenzellen größtenteils elektrischer Natur sei. Ich gab zu, daß es eine späte langsame chemische Komponente gäbe, glaubte aber, daß die schnelle Übertragung über die Synapse auf elektrischem Wege vor sich gehe. Zu diesem Zeitpunkt lernte ich von Popper, daß es wissenschaftlich nichts Ehrentürliches sei, wenn die eigenen Hypothesen als falsch erkannt werden. Das war die schönste Neuigkeit, die ich seit langem erfahren hatte. Ich wurde sogar von Popper dazu überredet, meine Hypothesen über elektrisch bedingte exzitatorische und inhibitorische synaptische Übertragung so präzise und rigoros zu formulieren, daß sie zur Widerlegung herausforderten – und das geschah ein paar Jahre später – größtenteils durch meine Kollegen und mich selbst –, als wir 1951 anfin-gen, intrazelluläre Ableitungen von Motoneuronen zu machen. Dank der Popperschen Lehre konnte ich freudig den Tod meines Lieblingsgedankens hinnehmen, den ich fast 20 Jahre lang gehegt hatte, und war gleichzeitig in der Lage, soviel wie nur möglich zur chemischen Übertragungs-Geschichte beizutragen, die wiederum der Lieblingsgedanke von Dale und Loewi war. Ich hatte endlich die große, befreiende Macht von Poppers Lehre über wissenschaftliche Methoden erfahren...

Hier zeigt sich eine eigenartige Reihenfolge. Es erwies sich, daß ich zu schnell bereit gewesen war, die elektrische Hypothese synaptischer Übertragung zu verwerfen. Die vielen Arten von Synapsen, die Gegenstand meiner Arbeiten gewesen waren, sind sicherlich chemischer Art, aber heute sind viele elektrische Synapsen bekannt, und mein Buch über die Synapsen (1964) enthält zwei Kapitel über elektrische Übertragung, sowohl inhibitorische als auch exzitatorische!

Es ist bemerkenswert, daß sowohl Eccles als auch Dale mit ihren für die Hirnforschung bahnbrechenden Theorien un-

recht hatten; denn beide glaubten, daß ihre Theorien für alle Synapsen gültig seien. Dales Theorie war gültig für die Synapsen, mit denen sich beide damals beschäftigten; aber sie war ebensowenig allgemeingültig wie die Theorie von Eccles. Die Anhänger von Dale jedoch scheinen dies nie eingesehen zu haben; sie waren sich ihres Sieges über Eccles zu sicher, um sich darüber klar zu werden, daß beide Parteien der gleichen (angeblichen) Sünde schuldig waren, nämlich einer »voreiligen Verallgemeinerung, ohne erst alle die relevanten Daten abzuwarten« (was aber niemals durchführbar ist).

An einer anderen Stelle, in seiner Nobelpreis-Biographie, schreibt Eccles:

»Ich kann mich jetzt sogar über die Falsifikation einer Lieblingstheorie freuen, denn eine solche Falsifikation ist ein wissenschaftlicher Erfolg.«

Dieser letzte Punkt ist überaus wichtig: Wir lernen immer eine ganze Menge durch eine Falsifikation. Wir lernen nicht nur, daß eine Theorie falsch ist, sondern wir lernen, warum sie falsch ist. Und vor allem anderen gewinnen wir ein neues und schärfer gefasstes Problem; und ein neues Problem ist, wie wir ja schon wissen, der echte Ausgangspunkt einer neuen wissenschaftlichen Entwicklung.

Sie werden sich vielleicht gewundert haben, warum ich mein dreistufiges Schema so oft erwähnt habe. Ich habe das zum Teil darum getan, um Sie auf ein sehr ähnliches, aber vierstufiges Schema vorzubereiten; ein Schema, das für die Wissenschaft und die Dynamik der wissenschaftlichen Entwicklung charakteristisch ist. Das vierstufige Schema kann aus unserem dreistufigen Schema – also Problem, Lösungsversuche, Elimination – dadurch gewonnen werden, daß wir die erste Stufe als »das ältere Problem« bezeichnen und als vierte Stufe »die neuen Probleme« hinzufügen. Wenn wir weiter noch die »Lösungsversuche« durch »versuchsweise Theorien« ersetzen und die »Elimination« durch »Eliminationsversuche durch kriti-

sche Diskussion«, so kommen wir zu jenem vierstufigen Schema, das für die Wissenschaftstheorie charakteristisch ist. Es sieht also folgendermaßen aus:

1. *Das ältere Problem;*
2. *versuchsweise Theorienbildungen;*
3. *Eliminationsversuche* durch kritische Diskussion, einschließlich experimenteller Prüfung;
4. *die neuen Probleme*, die aus der kritischen Diskussion unserer Theorien entspringen.

Mein vierstufiges Schema erlaubt es, eine ganze Reihe von wissenschaftstheoretischen Bemerkungen zu machen.

Zum Problem. Die vorwissenschaftlichen und die wissenschaftlichen primären Probleme sind praktischer Natur, aber sie werden bald, durch den vierstufigen Zyklus, wenigstens teilweise von theoretischen Problemen ersetzt. Das heißt, die meisten der neuen Probleme entstehen aus der *Kritik der Theorien*: Sie sind inner-theoretisch. Das gilt schon für die Probleme in Hesiods Kosmogonie und noch mehr für die Probleme der vorsokratischen griechischen Philosophen; und es gilt für die meisten Probleme der modernen Naturwissenschaften: Die Probleme sind selbst Produkte der Theorien und der Schwierigkeiten, die die kritische Diskussion in den Theorien aufdeckt. Diese theoretischen Probleme sind, ganz wesentlich, Fragen nach *Erklärungen*, nach erklärenden Theorien: Die versuchsweisen Antworten, die die Theorien liefern, sind eben *Erklärungsversuche*.

Zu den praktischen Problemen kann man auch die Probleme rechnen, etwas vorauszusagen. Aber vom *intellektuellen* Standpunkt der *reinen Wissenschaft* gehören die Vorausagen zur Stufe 3, das heißt, zur *kritischen* Diskussion, zur *Prüfung*. Sie sind intellektuell interessant, weil sie uns erlauben, unsere Theorien, die Erklärungsversuche darstellen, an der Wirklichkeit und in der Praxis auf ihren Wahrheitsanspruch hin zu überprüfen.

Wir können von unserem vierstufigen Schema weiter ableiten, daß wir in der Wissenschaft von einem *Zyklus* von alten Problemen ausgehen und mit neuen Problemen aufhören, die ihrerseits wieder als Ausgangspunkt eines neuen *Zyklus* fungieren. Wegen des zyklischen oder periodischen Charakters unseres Schemas können wir auf *jeder* der vier Stufen beginnen. Wir können mit *Theorien* beginnen, also auf der 2. Stufe unseres Schemas. Das heißt, wir können sagen, daß der Wissenschaftler von einer *älteren Theorie* ausgeht und durch deren kritische Diskussion und Elimination zu Problemen gelangt, die er dann durch *neue Theorien* zu lösen versucht. Das ist, eben wegen des zyklischen Charakters, eine durchaus haltbare Interpretation.

Für sie spricht auch, daß wir die *Aufstellung von befriedigenden Theorien* als die *Zielsetzung* der Wissenschaft bezeichnen können. Andererseits führt aber die Frage, unter welchen Umständen eine Theorie als *befriedigend* zu bezeichnen ist, direkt auf das *Problem als Ausgangspunkt* zurück. Denn offenbar ist die erste Forderung, die wir an die Theorie stellen, daß sie erklärungsbedürftige Probleme *löst*, indem sie die Schwierigkeiten erklärt, aus denen das Problem besteht.

Schließlich können wir auch als unseren Ausgangspunkt die Elimination oder Ausmerzung der bisherigen Theorien wählen. Denn man kann wohl sagen, daß die Wissenschaft ihren Ausgangspunkt immer vom Zusammenbruch einer Theorie nimmt; dieser Zusammenbruch, die Elimination, führt dann zum Problem, die eliminierte Theorie durch eine bessere Theorie zu ersetzen.

Ich persönlich bevorzuge das *Problem* als Ausgangspunkt, aber ich bin mir darüber klar, daß der *zyklische Charakter des Schemas* es möglich macht, jede der Stufen als Ausgangspunkt einer neuen Entwicklung anzusehen.

Wesentlich für das neue vierstufige Schema ist sein dynamischer Charakter: Jede der Stufen enthält sozusagen eine innere,

logische Motivation, zur nächsten Stufe weiterzugehen. Die Wissenschaft, wie sie in dieser Wissenschaftslogik erscheint, ist im wesentlichen eine im *Wachsen* begriffene Erscheinung; sie ist wesentlich *dynamisch*, ist niemals etwas *Fertiges*: Es gibt keinen Punkt, an dem sie endgültig ihr Ziel findet.

Warum ich das *Problem* als Ausgangspunkt bevorzuge, hat auch noch den folgenden Grund. Die *Distanz* zwischen einem *älteren Problem* und seinen Abkömmlingen, den *neueren Problemen*, scheint mir den wissenschaftlichen Fortschritt viel eindruckvoller zu charakterisieren als zum Beispiel die Distanz zwischen den älteren Theorien und der nächsten Generation von neuen Theorien, die die älteren ersetzen.

Nehmen wir als Beispiel die Newtonsche und die Einsteinsche Gravitationstheorie. Die Distanz zwischen den beiden Theorien ist groß; aber es ist möglich, die Newtonsche Theorie in die Einsteinsche Sprache, den Formalismus des sogenannten Tensor-Kalküls, zu übersetzen; und wenn man das tut, wie das zum Beispiel Professor Peter Havas getan hat, dann findet man, daß der Unterschied zwischen den beiden Theorien lediglich in der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitation, also in der endlichen Lichtgeschwindigkeit c , besteht. Das heißt, daß es Havas gelungen ist, die Einsteinsche Theorie so zu formulieren, daß durch die Ersetzung der *endlichen* Ausbreitungsgeschwindigkeit c durch eine *unendliche* Geschwindigkeit die Einsteinsche Theorie in die Newtonsche übergeht.

Es wäre aber ganz irreführend, daraus zu schließen, daß der ganze Fortschritt der Theorie in der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitation liegt.

Ich behaupte, daß man den Fortschritt und den dynamischen Charakter der Entwicklung viel deutlicher sieht, wenn man *die Probleme* vergleicht, die die Kritiker der Newtonschen Theorie, zum Beispiel Ernst Mach, aufgedeckt haben, mit *je neuen Problemen*, die durch die Kritiker der Einsteinschen Theorie, vor allem durch Einstein selbst, aufgedeckt wurden.

Wenn man also die älteren und die neueren Probleme vergleicht, dann sieht man die große Distanz, den großen Fortschritt. Im wesentlichen ist nur eines der alten Probleme übriggeblieben, das sogenannte Machsche Prinzip. Das ist die Forderung, daß wir die *Trägheit* der schweren Massen als eine Wirkung der fernen Massen des Weltalls begreifen sollen. Einstein war sehr enttäuscht, daß seine Theorie das nicht voll leistete. Zwar lieferte seine Gravitationstheorie die *Trägheit* als Resultat der Gravitation; aber wenn wir in der Einsteinschen Gravitationstheorie die Massen verschwinden lassen, dann geht die Theorie in die spezielle Relativitätstheorie über, und die *Trägheit* bleibt auch ohne erzeugende Massen bestehen.

Einstein selbst sah in diesem Punkt einen der empfindlichsten Mängel seiner Theorie; und das Problem, das Machsche Prinzip in die Gravitationstheorie einzubauen, hat alle Forscher auf diesem Gebiet seit einem halben Jahrhundert beschäftigt.

Aus solchen Gründen scheint es mir also besser, unser vierstufiges Schema mit dem *Problem* anzufangen. Aber jedenfalls zeigt das Schema, worin das Neue der dynamischen Wissenschaftsentwicklung gegenüber den vorwissenschaftlichen Entwicklungen besteht: in unserer aktiven Beteiligung am Eliminationsverfahren durch die Erfindung der Sprache, der Schrift und der kritischen Diskussion. Meine Hauptthese ist, daß durch die Erfindung der kritischen Diskussion die Wissenschaft erzeugt wurde.

Eine wichtige Folgerung aus meiner Hauptthese bezieht sich auf die Frage: Wie unterscheiden sich die erfahrungswissenschaftlichen Theorien von anderen Theorien? Dieses Problem ist, seinerseits, kein *erfahrungswissenschaftliches* Problem, sondern ein *wissenschaftstheoretisches* Problem; es ist ein Problem, das zur Wissenschaftslogik oder zur Philosophie der Wissenschaft gehört. Die Antwort auf dieses Pro-

blem, die aus meiner Hauptthese abgeleitet werden kann, ist die folgende:

Eine erfahrungswissenschaftliche Theorie unterscheidet sich von anderen Theorien dadurch, daß sie an möglichen Erfahrungen scheitern kann; das heißt, daß Erfahrungen möglich sind und beschrieben werden können, die die Theorie falsifizieren würden, wenn wir wirklich solche Erfahrungen machen würden.

Ich habe das Problem, die erfahrungswissenschaftlichen Theorien von anderen Theorien abzugrenzen, als »Abgrenzungsproblem« bezeichnet und meine vorgeschlagene Lösung als »Abgrenzungskriterium«.

Mein Vorschlag für die Lösung des Abgrenzungsproblems ist also das folgende Abgrenzungskriterium: Eine Theorie gehört zur empirischen Wissenschaft dann und nur dann, wenn sie mit möglichen Erfahrungen in Widerspruch steht, also im Prinzip durch Erfahrung falsifizierbar ist.

Ich habe dieses Abgrenzungskriterium als »Falsifizierbarkeitskriterium« bezeichnet.

Das Falsifizierbarkeitskriterium läßt sich mit vielen Theorien illustrieren. So ist zum Beispiel die Theorie, daß Impfung gegen Blattern schützt, falsifizierbar: Wenn jemand, der richtig geimpft wurde, trotzdem Blattern bekommt, so ist die Theorie falsifiziert.

Das Beispiel kann auch dazu verwendet werden, zu zeigen, daß das Falsifizierbarkeitskriterium seine eigenen Probleme hat. Wenn unter den Millionen von geimpften Menschen einer Blattern bekommen sollte, so werden wir kaum unsere Theorie als falsifiziert ansehen. Wir werden eher annehmen, daß etwas mit der Impfung oder mit dem Impfstoff nicht in Ordnung war. Und im Prinzip ist ein solcher Ausweg immer möglich: Wenn wir mit einer Falsifikation konfrontiert sind, so können wir uns immer irgendwie herausreden; wir können eine Hilfshypothese einführen und die Falsifikation zurückweisen. Wir kön-

nen unsere Theorien gegen alle möglichen Falsifikationen »immunisieren« (um einen Ausdruck von Professor Hans Albert zu gebrauchen).

Die Anwendung des Falsifizierbarkeitskriteriums ist also nicht immer leicht. Dennoch hat das Falsifizierbarkeitskriterium seinen Wert. Auf die Theorie der Impfung gegen Blattern ist es anwendbar, wenn auch die Anwendung vielleicht nicht immer ganz so einfach ist: Wenn der Prozentsatz aller Menschen, die geimpft wurden und dennoch Blattern bekamen, ungefähr derselbe ist wie der Prozentsatz der ungeimpften, die Blattern bekommen (oder vielleicht sogar größer), dann werden alle Wissenschaftler die Theorie des Impfschutzes aufgeben.

Vergleichen wir diesen Fall mit dem Fall einer Theorie, die meiner Meinung nach nicht falsifizierbar ist; zum Beispiel mit Freuds Theorie der Psychoanalyse. Diese Theorie könnte offenbar im Prinzip nur dann überprüft werden, wenn wir ein Verhalten von Menschen beschreiben könnten, das mit der Theorie in Widerspruch steht. Es gibt solche falsifizierbare Theorien des Verhaltens; zum Beispiel die Theorie, daß ein Mann, der durch ein langes Leben hindurch sich immer als ehrlich erwiesen hat, nicht plötzlich, unter gesicherten finanziellen Umständen, auf seine alten Tage zum Dieb wird.

Diese Theorie ist sicher falsifizierbar, und ich vermute, daß hier und da auch tatsächlich falsifizierende Fälle vorkommen, so daß die Theorie in der vorgelegten Formulierung einfach falsch ist.

Aber im Gegensatz zu dieser Theorie scheint es kein denkbares Verhalten von Menschen zu geben, das die Psychoanalyse widerlegen könnte. Wenn ein Mann einem anderen das Leben rettet, unter Einsatz seines eigenen Lebens, oder wenn er, im Gegenteil, das Leben eines alten Freundes bedroht – was immer wir uns auch an ausgefallenem menschlichen Verhalten ausdenken können, es wird nicht zur Psychoanalyse im Widerspruch stehen. Die Psychoanalyse kann im Prinzip jedes noch

so ausgefallene menschliche Verhalten erklären. Sie ist also nicht empirisch falsifizierbar, sie ist nicht überprüfbar.

Damit will ich nicht sagen, daß Freud nicht vieles richtig gesehen hätte. Aber ich behaupte, daß seine Theorie keinen empirisch-wissenschaftlichen Charakter hat: Sie ist eben nicht nachprüfbar.

Im Gegensatz dazu stehen Theorien wie unser Beispiel von der Impfung, aber vor allem physikalische, chemische und biologische Theorien.

Wir haben seit Einsteins Gravitationstheorie Gründe zur Annahme, daß Newtons Mechanik falsch ist, obwohl sie eine ausgezeichnete Annäherung darstellt. Jedenfalls ist aber sowohl Newtons wie auch Einsteins Theorie falsifizierbar, obwohl es natürlich immer möglich ist, sich durch eine Immunisierungsstrategie aus einer Falsifikation herauszureden. Während Freuds Psychoanalyse zu keinem denkbaren menschlichen Verhalten in Widerspruch steht, so steht das Verhalten eines Tisches beim »Tischrücken« zu Newtons Theorie in Widerspruch. Wenn die volle Tasse Tee auf meinem Tisch auf einmal zu tanzen begänne und sich drehte und wendete, so wäre das eine Falsifikation von Newtons Theorie; besonders dann, wenn trotz allen Drehens und Wendens der Tee nicht verschüttet wird. Man kann sagen, daß die Mechanik zu einer Unzahl von denkbaren Verhaltensweisen von physischen Körpern im Widerspruch steht – ganz im Gegensatz zur Psychoanalyse, die zu keinem denkbaren menschlichen Verhalten im Widerspruch steht.

Einsteins Gravitationstheorie würde durch fast jede denkbare Verletzung der Newtonschen Mechanik mitbetroffen werden, eben weil die Newtonsche Mechanik eine so gute Annäherung an die Einsteinsche darstellt. Aber darüber hinaus hat Einstein noch ausdrücklich nach Fällen gesucht, die, wenn sie beobachtet werden, *seine* Theorie widerlegen würden, aber nicht Newtons.

So hat Einstein zum Beispiel geschrieben, daß er, wenn die von ihm errechnete Rotverschiebung im Spektrum des Sirius-Strahanten und anderer weißer Zwerge nicht gefunden werden sollte, seine Theorie als widerlegt aufgeben würde.

Es ist übrigens interessant, daß Einstein selbst seiner eigenen Gravitationstheorie äußerst kritisch gegenüberstand. Obwohl keines der Prüfungsexperimente (die alle von ihm selbst vorgeschlagen wurden) ungünstig für seine Theorie ausging, so hielt er sie aus theoretischen Gründen für nicht voll befriedigend. Er war sich völlig klar darüber, daß seine Theorie, wie alle naturwissenschaftlichen Theorien, den Charakter eines *vorläufigen Lösungsversuches* hatte, also einen *hypothetischen* Charakter. Aber was er behauptete, ging mehr auf Einzelheiten ein. Er gab Gründe an, warum seine eigene Theorie als lückenhaft anzusehen wäre und als unbefriedigend vom Standpunkt seines eigenen Forschungsprogrammes; und er gab eine Reihe von Forderungen an, die eine befriedigende Theorie erfüllen müsse.

Was er aber für seine ursprüngliche Gravitationstheorie beanspruchte, war, daß sie eine *bessere Annäherung* an die zusehende Theorie darstelle als die Newtonsche Gravitationstheorie und daher auch *eine bessere Annäherung an die Wahrheit*.

Die Idee der *Annäherung an die Wahrheit* ist meiner Meinung nach eine der wichtigsten Ideen der Wissenschaftstheorie. Das hängt damit zusammen, daß die kritische Diskussion von konkurrierenden Theorien, wie wir gesehen haben, für die Wissenschaftstheorie so wichtig ist. Aber eine kritische Diskussion wird von gewissen Werten reguliert. Sie braucht ein regulatives Prinzip oder, in Kantischer Terminologie, eine regulative Idee.

Unter den regulativen Ideen, die die kritische Diskussion von konkurrierenden Theorien beherrschen, sind drei Ideen von größter Bedeutung: Erstens die Idee der *Wahrheit*; zweitens die Idee des logischen und empirischen *Gehaltes* einer Theorie;

und drittens die Idee des *Wahrheitsgehaltes* einer Theorie und der *Annäherung an die Wahrheit*.

Daß die Idee der *Wahrheit* die kritische Diskussion beherrscht, sieht man daran, daß wir die Theorie kritisch diskutieren in der Hoffnung, die *falschen* Theorien zu eliminieren. Das zeigt, daß wir von der Idee des Suchens nach *wahren* Theorien geleitet werden.

Die zweite regulative Idee, die Idee des *Gehaltes* einer Theorie, leitet uns an, nach Theorien mit großem informativem Gehalt zu suchen. Tautologien oder triviale arithmetische Sätze wie 12 mal 12 ist 144 sind gehaltslos: Sie lösen keine empirisch-wissenschaftlichen Probleme. Schwierige Probleme können nur von Theorien mit großem logischem und empirischem Gehalt gelöst werden.

Was man als die *Kühnheit* einer Theorie bezeichnen kann, das ist die Größe ihres Gehaltes: Je mehr wir mit einer Theorie behaupten, um so größer ist das Risiko, daß die Theorie *falsch* ist. So suchen wir zwar die Wahrheit, aber wir sind nur an kühnen, riskanten Wahrheiten interessiert. Beispiele von kühnen Theorien, die einen großen logischen Gehalt haben, sind wieder die Newtonsche oder die Einsteinsche Gravitationstheorie oder die Quantentheorie der Atome oder die Theorie der chiffrierten genetischen Information, die das Problem der Vererbung teilweise löst.

Solch kühne Theorien haben, wie gesagt, einen großen Gehalt; und zwar einen großen logischen und einen großen empirischen Gehalt.

Diese beiden Gehaltsbegriffe können folgendermaßen erklärt werden: Der logische Gehalt einer Theorie ist ihre *Folgerungsmasse*, das heißt, die Menge oder Klasse aller Sätze, die aus der betreffenden Theorie *logisch abgeleitet* werden können. Je größer die Folgerungsmenge, desto mehr.

Vielleicht noch interessanter ist die Idee des *empirischen Gehaltes* einer Theorie. Um diese Idee zu verstehen, gehen wir

davon aus, daß ein empirisches Naturgesetz oder eine empirische Theorie gewisse beobachtbare Vorgänge verbietet. (Die Theorie »Alle Raben sind schwarz« verbietet die Existenz von weißen Raben; und die Beobachtung eines weißen Raben widerlegt die Theorie.) So haben wir ja gesehen, daß die Freud'sche Psychoanalyse eben *keine* beobachtbaren Vorgänge verbietet. Ihr logischer Gehalt ist sicher groß; aber ihr empirischer Gehalt ist Null.

Man kann also den empirischen Gehalt einer Theorie als die Menge oder Klasse der von der Theorie verbotenen empirischen Sätze bezeichnen; das heißt aber, als die Menge oder Klasse der empirischen Sätze, die zu der Theorie im Widerspruch stehen.

Um eine sehr einfache Illustration zu verwenden: Die Theorie, daß es *keine weißen Raben gibt*, steht zum Satz »Hier ist ein weißer Rabe« im Widerspruch. Sie *verbietet* sozusagen die Existenz von weißen Raben. Die Theorie, daß *alle Raben schwarz sind*, hat einen weit größeren empirischen Gehalt. Sie verbietet nicht nur weiße Raben, sondern auch blaue, grüne und rote Raben: Die Klasse der verbotenen Sätze ist weit größer.

Einen empirischen Satz oder einen Beobachtungssatz, der mit einer Theorie in Widerspruch steht, kann man als eine *Falsifikationsmöglichkeit* der betreffenden Theorie bezeichnen oder als einen *potentiellen Falsifikator* der Theorie: Wenn eine Falsifikationsmöglichkeit wirklich beobachtet wird, dann ist die Theorie *empirisch falsifiziert*.

Der Satz »Hier ist ein weißer Rabe« ist also eine Falsifikationsmöglichkeit oder ein potentieller Falsifikator sowohl der gehaltsarmen Theorie, daß es keine weißen Raben gibt, wie auch der gehaltsreicheren Theorie, daß alle Raben schwarz sind.

Der Satz: »Am 10. Februar 1972 wurde im Zoologischen Garten von Hamburg ein grüner Rabe eingeliefert« ist eine Fal-

sifikationsmöglichkeit oder ein potentieller Falsifikator der Theorie, daß alle Raben schwarz sind, aber auch der Theorie, daß alle Raben rot oder blau sind. Wenn ein solcher Satz, ein solcher potentieller Falsifikator, auf Grund von Beobachtungen als wahr angenommen wird, so sind alle jene Theorien, zu deren Falsifikatoren er gehört, tatsächlich als falsifiziert zu betrachten. Das Interessante ist, daß die Theorie um so mehr besagt, je größer die Menge ihrer potentiellen Falsifikatoren ist. Sie besagt mehr und kann mehr Probleme erklären: Ihr *Erklärungspotential* oder ihre *potentielle Erklärungskraft* ist größer.

Wir können von diesem Standpunkt aus wieder Newtons mit Einsteins Gravitationstheorie vergleichen. Man findet dann, daß der empirische Gehalt und die potentielle Erklärungskraft von Einsteins Theorie viel größer sind als die von Newton. Denn sie behauptet viel mehr. Sie beschreibt nicht nur alle Bewegungsarten, die die Newtonsche Theorie beschreibt, insbesondere die Planetenbahnen, sondern sie beschreibt den Einfluß der Gravitation auf das Licht – ein Problemkreis, über den Newton weder in seiner Gravitationstheorie noch in seiner Optik etwas zu sagen hat. Einsteins Theorie ist also riskanter: Sie kann im Prinzip durch Beobachtungen falsifiziert werden, die die Newtonsche Theorie unberührt lassen. Daher ist der empirische Gehalt, die Menge der potentiellen Falsifikatoren, von Einsteins Theorie wesentlich größer als der empirische Gehalt von Newtons Theorie. Und schließlich ist die potentielle Erklärungskraft von Einsteins Theorie bei weitem größer: Falls wir zum Beispiel solche optischen Effekte wie die von Einstein vorausgesagte Rotverschiebung im Spektrum des Sirius trabanten als durch die Beobachtungen gesichert annehmen, dann sind diese optischen Effekte durch Einsteins Theorie auch *erklärt*.

Aber auch wenn die relevanten Beobachtungen noch nicht gemacht wurden, so können wir sagen, daß die Einsteinsche

Theorie der Theorie Newtons *potentiell* überlegen ist: Sie hat den größeren empirischen Gehalt und das größere Erklärungspotential. Das bedeutet, daß sie theoretisch interessanter ist. Aber Einsteins Theorie ist, gleichzeitig, viel *gefährlicher* als die Newtons. Sie ist Falsifikationen viel mehr ausgesetzt, weil eben die Menge ihrer potentiellen Falsifikatoren größer ist.

Sie ist daher auch noch viel strenger prüfbar als Newtons Theorie, die auch schon sehr streng prüfbar ist. Wenn sie diesen Prüfungen standhält, wenn sie sich in diesen Prüfungen bewährt, so können wir zwar nicht sagen, daß sie wahr ist, denn sie kann in späteren Prüfungen falsifiziert werden; aber wir können sagen, daß nicht nur ihr empirischer Gehalt, sondern auch ihr Wahrheitsgehalt größer ist als der von Newtons Theorie: Das heißt, daß die Menge der *wahren* Sätze, die aus ihr ableitbar ist, größer ist als die, die aus Newtons Theorie ableitbar ist. Und wir können dann weiter sagen, daß die Theorie Einsteins, im Lichte der kritischen Diskussion, die auch von den Ergebnissen der experimentellen Prüfung voll Gebrauch macht, als eine bessere *Annäherung an die Wahrheit* erscheint.

Die Idee der Annäherung an die Wahrheit setzt – wie übrigens auch die Idee der Wahrheit als regulatives Prinzip – eine *realistische Weltansicht* voraus. Sie setzt *nicht* voraus, daß die Wirklichkeit so ist, wie sie unsere wissenschaftlichen Theorien beschreiben; aber sie setzt voraus, daß es eine Wirklichkeit gibt und daß wir mit unseren Theorien, die unsere selbstgeschaffenen Ideen und daher immer Idealisierungen sind, näher und näher an eine adäquate Beschreibung der Wirklichkeit herankommen können, wenn wir die vierstufige Methode des Versuchs und Irrtums verwenden. Die Methode ist aber nicht genau. Wir müssen auch Glück haben; denn die Bedingungen, die wir auf unserer Erde finden und die das Leben und die Entwicklung der menschlichen Sprache, des menschlichen Bewußtseins und der menschlichen Wissenschaft ermöglichen, sind im Kosmos überaus selten, wenn der Kosmos auch nur

entfernt dem ähnlich ist, wie er von der Wissenschaft beschrieben wird. Denn gemäß der Wissenschaft ist die Welt fast ganz leer von Materie und hauptsächlich nur von chaotischer Strahlung erfüllt; und an den wenigen Stellen, an denen sie *nicht* leer ist, ist sie von *chaotischer* Materie erfüllt, gewöhnlich viel zu heiß für Molekülbildung oder auch zu kalt für die Entwicklung von Lebewesen, wie wir sie kennen. Ob es auch sonst im Weltall Leben gibt oder nicht – das Leben ist jedenfalls kosmologisch gesehen ein ungemein seltenes, ganz außergewöhnliches Phänomen. Und in der Entwicklung des Lebens ist wieder die Entwicklung der kritischen und wissenschaftlichen Methode ungemein selten und daher, im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung, etwas fast unendlich Unwahrscheinliches. Das heißt, daß wir das große Los gezogen haben, als das Leben und die Wissenschaft entstanden.

Die *realistische Weltansicht* zusammen mit der Idee der Annäherung an die *Wahrheit* scheinen mir unentbehrlich für ein Verständnis der immer *idealisierenden* Wissenschaft zu sein. Überdies scheint mir die realistische Weltansicht die einzig humane zu sein: Sie allein erklärt, daß es andere Menschen gibt, die leben, leiden und sterben wie wir.

Die Wissenschaft ist ein Produktsystem menschlicher Ideen: Soweit hat der Idealismus recht. Aber diese Ideen können an der Wahrscheinlichkeit scheitern. Daher hat letzten Endes der Realismus recht.

Man hat vielleicht für einen Augenblick den Eindruck, daß ich mit diesen Bemerkungen über den Realismus und mit diesen Andeutungen über den Realismusstreit über mein Thema hinausgegangen bin. Das ist aber nicht der Fall. Der Realismusstreit ist, ganz im Gegenteil, in der Quantenmechanik höchst aktuell. Damit ist er eines der modernsten und offensten Probleme der heutigen Wissenschaftstheorie.

Ich stehe diesem Problem, wie wohl klar geworden ist, nicht als Unparteilicher gegenüber. Ich bin hier durch und durch

parteilich, für den Realismus. Aber es gibt eine einflußreiche idealistische Schule in der Quantenmechanik. In der Tat, es gibt alle nur denkbaren idealistischen Schattierungen, und ein berühmter Quantenmechaniker hat sogar *solipsistische* Konsequenzen aus der Quantenmechanik gezogen; er behauptet, daß diese solipsistischen Konsequenzen aus der Quantenmechanik mit zwingender Notwendigkeit folgen.

Darauf kann ich nur antworten: Wenn das so ist, dann muß etwas falsch sein in der Quantenmechanik, wie bewundernswürdig sie auch sein mag und wie ausgezeichnet sie als Annäherung an die Wahrheit ist. Die Quantenmechanik hat ungemein strengen Prüfungen standgehalten. Aber daraus können wir auf ihre Wahrheitsnähe nur dann schließen, wenn wir Realisten sind.

Der Kampf um den Realismus und Objektivismus in der Wissenschaftstheorie wird wohl noch längere Zeit andauern. Wir haben es hier mit einem offenen und aktuellen Problem zu tun. Gleichzeitig ist es ein Problem, durch das die Wissenschaftstheorie, wie man wohl gemerkt hat, gewissermaßen über sich hinausgeführt wird. Ich habe, so hoffe ich, hinreichend klar gemacht, was meine Stellung im Zusammenhang mit diesem grundlegenden Problem ist.