

## Der Falsifikationismus

### 5.1 Einleitung

Karl Popper war der vehementeste Verfechter einer Alternative zum Induktivismus, die allgemein als Falsifikationismus bezeichnet wird. Popper studierte in den 1920er Jahren in Wien, einer Zeit, in der eine Gruppe den Logischen Positivismus formulierte, die als Wiener Kreis bekannt wurde. Einer der bedeutendsten Vertreter war Rudolph Carnap, und die Auseinandersetzungen und Debatten zwischen seinen und Poppers Anhängern war bis in die 1960er Jahre zentraler Bestandteil der Wissenschaftsphilosophie. Popper selbst erzählt die Geschichte, wie er seine Illusionen über die Idee, Wissenschaft sei etwas Besonderes, weil sie auf Tatsachen basiere (je mehr desto besser), verlor. Er wurde misstrauisch, als er sah, wie Freudianer und Marxisten ihre Theorie stützten, indem sie eine große Spannbreite von Beispielen menschlichen Verhaltens bzw. historischen Wechsels in den Worten ihrer Theorie interpretierten und gleichzeitig behaupteten, dass ihre Theorien durch diese Beispiele bestätigt seien. Es schien Popper, als könnten sich diese Theorien niemals als falsch erweisen, weil sie genügend flexibel waren, um mit jedem Beispiel menschlichen Verhaltens oder historischen Wechsels vereinbar zu sein. In der Konsequenz konnten diese Theorien, obwohl sie als aussagekräftig und durch eine Menge von Tatsachen belegt erschienen, nichts erklären, weil sie nichts ausschließen konnten. Popper verglich dies mit einer berühmt gewordenen Überprüfung von Einsteins Relativitätstheorie, die Eddington 1919 vornahm. Einsteins Theorie impliziert, dass sich Lichtstrahlen krümmen, wenn sie massive Objekte, wie die Sonne, in großer Nähe passieren. Dennoch erscheint ein Stern, der hinter der Sonne liegt, an einer anderen Stelle als dies der Fall wäre, wenn es diese Krümmung nicht gebe. Eddington suchte nach dieser Verschiebung, indem er einen solchen Stern während einer Sonnenfinsternis betrachtete. Es zeigte sich, dass die Verschiebung beobachtet werden konnte, und Einsteins Theorie wurde bestätigt. Popper merkte jedoch an, dass dies ebenso nicht hätte eintreten können. Indem eine spezifische überprüfbare Vorhersage vorgenommen wird, setzt sich die Allgemeine Relativitätstheorie einem Risiko aus. Sie schließt Beobachtungen aus, die nicht mit ihr in Einklang stehen. Popper zog den Schluss, dass genuine

wissenschaftliche Theorien dadurch, dass sie definitive Vorhersagen machen, in einer Art und Weise eine Reihe von beobachtbaren Tatbeständen ausschließen, wie dies nach seinem Dafürhalten bei den Theorien von Freud und Marx nicht der Fall ist. Er gelangte so zu seiner Schlüsselidee, dass wissenschaftliche Theorien falsifizierbar sind.

Falsifikationisten gestehen ohne weiteres ein, dass Beobachtung theoriegeleitet ist und Theorien voraussetzt. Sie haben keine Probleme damit, jede Art von Anspruch aufzugeben, der impliziert, dass sich Theorien im Lichte von beobachtbarer Evidenz als wahr oder wahrscheinlich wahr erweisen müssen. Theorien stellen spekulative und vorläufige Vermutungen oder Annahmen dar, die der menschliche Intellekt in dem Versuch kreiert, Probleme vorausgehender Theorien zu überwinden und eine wissenschaftliche Erklärung zu einigen Aspekten der Welt bzw. des Universums zu leisten. Einmal vorgeschlagen, müssen diese spekulativen Theorien streng und rücksichtslos durch Beobachtung und Experiment überprüft werden. Theorien, die Beobachtungen und Experimenten nicht standhalten, müssen fallen gelassen werden und durch weitere spekulative Vermutungen ersetzt werden. Wissenschaft schreitet durch Versuch und Irrtum, Vermutung und Widerlegung voran. Nur die geeignetste Theorie überlebt. Obwohl nie gesagt werden kann, dass eine Theorie wahr ist, kann doch gesagt werden, sie sei die beste, die verfügbar ist bzw. dass sie besser als alle vorausgegangenen ist. Es ergeben sich für den Falsifikationismus keine Probleme, Induktion zu charakterisieren oder zu rechtfertigen, weil Wissenschaft entsprechend dieses Ansatzes keine Induktion beinhaltet.

Die Inhalte dieser stark verkürzten Zusammenfassung des Falsifikationismus soll in den nächsten beiden Kapiteln ausführlicher dargelegt werden.

### 5.2 Ein logisches Argument zur Unterstützung des Falsifikationismus

Theorien können gemäß dem Falsifikationismus als falsch nachgewiesen werden, wenn entsprechende Befunde aus Beobachtungen und Experimenten vorliegen. Es gibt ein einfaches und logisches Argument, das den Falsifikationismus in diesem Punkt zu unterstützen scheint. Bereits im vierten Kapitel haben wir gesehen, dass selbst dann, wenn wir davon ausgehen können, dass wahre Beobachtungsaussagen verfügbar sind, es allein auf dieser Grundlage dennoch niemals möglich ist, durch logische Deduktionen zu universellen Gesetzen zu gelangen. Andererseits ist es möglich, ausgehend von einzelnen Beobachtungsaussagen logische Deduktionen durchzuführen, um so nachzuweisen, dass universelle Gesetze und Theorien falsch sind. Gehen wir zum Beispiel von der Aussage „Am Ort  $x$  zum Zeitpunkt  $t$  wurde ein Rabe beobachtet, der nicht schwarz war“ aus, dann folgt daraus logischerweise, dass die Aussage „Alle Raben sind schwarz“ falsch ist. Das bedeutet, dass der folgende Beweis eine logisch gültige Deduktion darstellt:

*Voraussetzung:* Am Ort  $x$  zum Zeitpunkt  $t$  wurde ein Rabe beobachtet, der nicht schwarz war.

*Schlussfolgerung:* Nicht alle Raben sind schwarz.

Ist die Voraussetzung zutreffend und wird die Schlussfolgerung verworfen, so ergibt sich ein Widerspruch. Zwei weitere Beispiele sollen diesen recht trivialen logischen Sachverhalt veranschaulichen: Wenn man in einem Experiment durch Beobachtung nachweisen kann, dass sich ein Gewicht von 10 kg und ein Gewicht von 1 kg im freien Fall mit annähernd gleicher Geschwindigkeit nach unten bewegen, dann kann hieraus die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Behauptung, Körper fallen mit einer Geschwindigkeit proportional zu ihrem Gewicht, falsch ist. Wenn zweifelsfrei nachgewiesen werden kann, dass ein Lichtstrahl, der dicht an der Sonne vorbeiführt, in einer gebogenen Linie abgelenkt wird, dann trifft es nicht zu, dass sich Licht notwendigerweise in gerader Linie fortpflanzt.

Die Falschheit von allgemeinen Aussagen kann von entsprechenden Einzelaussagen abgeleitet werden. Dieser logische Sachverhalt ist der Grundsatz des Falsifikationismus.

### 5.3 Falsifizierbarkeit als Kriterium für gute Theorien

Der Falsifikationismus betrachtet Wissenschaft als eine Menge von Hypothesen, die versuchsweise vorgeschlagen werden, um das Verhalten bestimmter Aspekte der Welt oder des Universums zu beschreiben und zu erklären. Jedoch genügt es nicht, irgendeine Hypothese heranzuziehen. Es gibt eine grundlegende Bedingung, die jede Hypothese oder jedes System von Hypothesen erfüllen muss, bevor sie den Status eines wissenschaftlichen Gesetzes oder einer Theorie erhalten kann. Eine Hypothese muss, soll sie einen Beitrag zur Wissenschaft leisten, *falsifizierbar* sein. Bevor wir fortfahren, muss geklärt werden, wie der Terminus „*falsifizierbar*“ im Falsifikationismus verwendet wird.

Nachfolgend einige Beispiele von einfachen Behauptungen, die im angesprochenen Sinne falsifizierbar sind:

1. Mittwochs regnet es nie.
2. Alle Stoffe dehnen sich bei Hitze aus.
3. Schwere Gegenstände, wie etwa Ziegelsteine, fallen, wenn man sie nahe der Erdoberfläche loslässt und sie auf kein Hindernis treffen, in gerader Linie nach unten.
4. Wenn ein Lichtstrahl von einem ebenen Spiegel reflektiert wird, ist der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel.

Behauptung (1) ist falsifizierbar, weil sie durch die Beobachtung falsifiziert werden kann, dass es an einem Mittwoch regnet. Behauptung (2) ist ebenfalls falsifizierbar. Sie kann durch die Beobachtungsaussage, dass sich irgendein Stoff  $x$  nicht ausgedehnt hat, als er zum Zeitpunkt  $t$  erhitzt wurde, falsifiziert werden. Um Aussage (2) zu falsifizieren, könnte man die Eigenschaft von Wasser nahe dem Gefrierpunkt betrachten. Aussagen (1) und (2) sind also beide falsifizierbar und falsch. Behauptungen (3) und (4) könnten, soweit wir wissen, wahr sein. Aber trotzdem sind sie falsifizierbar im besagten Sinne. Es ist logisch möglich, dass der

nächste Ziegelstein, der fallen gelassen wird, nach oben „fällt“. Die Behauptung „Der Ziegelstein fällt aufwärts, wenn man ihn loslässt“ beinhaltet keinen Widerspruch, obwohl es sein mag, dass eine solche Aussage noch niemals durch Beobachtung bestätigt wurde. Behauptung (4) ist falsifizierbar, weil es denkbar wäre, dass ein Lichtstrahl, der in einem schrägen Winkel auf einen Spiegel fällt, im rechten Winkel zum Spiegel reflektiert wird. Dies wird niemals eintreffen, wenn das Reflexionsgesetz wahr ist, aber wenn es eintreten würde, bedeutete dies keinen logischen Widerspruch. Behauptungen (3) und (4) sind falsifizierbar, auch wenn sie wahr sein mögen.

Eine Hypothese ist falsifizierbar, wenn eine oder mehrere logisch mögliche Beobachtungsaussagen existieren, die mit der Hypothese unvereinbar sind. Wenn diese als wahr nachgewiesen werden, würden sie die Hypothese falsifizieren.

Im Folgenden einige Beispiele für Aussagen, die diesen Anforderungen nicht gerecht werden und die durchgängig nicht falsifizierbar sind:

5. Entweder es regnet oder es regnet nicht.
6. Alle Punkte auf einem euklidischen Kreis befinden sich gleich weit vom Mittelpunkt entfernt.
7. Bei Sportwetten kann Glück im Spiel sein.

Keine logisch mögliche Beobachtungsaussage könnte Aussage (5) widerlegen. Sie ist wahr, wie das Wetter auch immer sein mag. Behauptung (6) ist notwendigerweise wahr, weil der euklidische Kreis so definiert ist. Sind die Punkte auf einem Kreis nicht gleich weit von einem Fixpunkt entfernt, dann handelt es sich schlichtweg nicht um einen euklidischen Kreis. Die Aussage „Alle Jungesellen sind unverheiratet“ ist aus demselben Grund nicht falsifizierbar. Behauptung (7) ist ein Zitat aus einem Horoskop einer Zeitung. Sie ist ein typisches Beispiel für das Irreführende an Behauptungen von Wahrsagern. Diese Behauptung ist nicht falsifizierbar. Es läuft darauf hinaus, dem Leser weiszumachen, dass, wenn er heute wettet, er gewinnen könnte. Dies bleibt wahr, ob er nun wettet oder nicht, und auch wenn er tatsächlich wettet, bleibt die Aussage wahr, gleichgültig, ob er dabei gewinnt oder verliert.

Der Falsifikationismus fordert, dass wissenschaftliche Hypothesen in dem eben besprochenen Sinne falsifizierbar sein müssen. Denn nur durch das Ausscheiden einer Menge logisch möglicher Beobachtungsaussagen ist ein Gesetz oder eine Theorie aussagekräftig. Wenn eine Aussage nicht falsifizierbar ist, dann kann die Wirklichkeit alle möglichen Eigenschaften besitzen und sich wie auch immer verhalten, ohne mit der Aussage im Widerspruch zu stehen. Im Gegensatz zu den Aussagen (1), (2), (3) und (4) teilen uns die Aussagen (5), (6) und (7) nichts über die Wirklichkeit mit. Ein wissenschaftliches Gesetz oder eine wissenschaftliche Theorie sollte uns idealerweise bestimmte Informationen darüber vermitteln, wie sich die Wirklichkeit tatsächlich verhält, wobei (logisch) denkbare Möglichkeiten, wie sie sich verhalten könnte, es aber tatsächlich nicht tut, ausgeschlossen werden sollten. Das Gesetz „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne“ ist insofern wissenschaftlich, als es die Aussage macht, dass sich Planeten auf elliptischen Bahnen bewegen und quadratische oder ovale

Umlaufbahnen ausschließt. Gerade weil das Gesetz definitive Aussagen über die Umlaufbahnen von Planeten macht, besitzt es einen Informationsgehalt und ist falsifizierbar.

Ein flüchtiger Blick auf einige Gesetze, die als typische Komponenten wissenschaftlicher Theorien betrachtet werden können, zeigt uns, dass sie das Kriterium der Falsifizierbarkeit erfüllen. Es ist leicht einzusehen, dass Gesetze wie „Gegensätzliche magnetische Pole ziehen einander an“ oder „Wird zu einer Base Säure gegeben, so entstehen Salz und Wasser“ falsifizierbar sind. Allerdings lehrt der Falsifikationismus, dass einige Theorien, nur oberflächlich betrachtet, den Anschein erwecken, die Eigenschaften guter wissenschaftlicher Theorien zu besitzen, tatsächlich jedoch nicht falsifizierbar sind und deswegen zurückgewiesen werden sollten. Popper behauptete, dass zumindest einige Lesarten der marxistischen Geschichtstheorie, der Psychoanalyse von Freud und der Individualpsychologie von Adler an diesem Fehler kranken. Dieser Aspekt soll an der folgenden, etwas überzogenen Darstellung der adlerschen Psychologie verdeutlicht werden.

Eine fundamentale Lehre in Adlers Theorie ist die, dass die Motive menschlichen Handelns in Minderwertigkeitsgefühlen zu suchen sind. In unserem Beispiel wird diese Sichtweise durch folgenden Vorfall belegt: Während ein Mann am Ufer eines gefährlichen Flusses steht, stürzt ganz in der Nähe ein Kind ins Wasser. Der Mann springt nun entweder ins Wasser und versucht, das Kind zu retten, oder er tut es nicht. Springt der Mann ins Wasser, dann wird der Adlerianer eine Begründung zur Hand haben, wie dies seine Theorie unterstützt. Der Mann musste offensichtlich sein Gefühl der Minderwertigkeit dadurch überwinden, dass er trotz der Gefahr den Mut dazu aufbringt, ins Wasser zu springen. Wenn der Mann nicht ins Wasser springt, kann der Adlerianer genauso gut den Anspruch erheben, dass dies ein Beleg für seine Theorie ist: Der Mann hat seine Minderwertigkeitsgefühle überwunden, indem er demonstriert, dass er die Stärke und Macht besitzt, gelassen am Ufer stehen zu bleiben, während das Kind ertrinkt.

Wenn diese Karikatur kennzeichnend für die adlersche Theorie ist, dann ist diese Theorie nicht falsifizierbar. Sie ist mit jeder Art menschlichen Verhaltens vereinbar, und gerade deswegen sagt sie über menschliches Verhalten überhaupt nichts aus. Gewiss, bevor Adlers Theorie aus diesen Gründen zurückgewiesen wird, wäre es notwendig, statt eines Zerrbildes die näheren Einzelheiten der Theorie zu untersuchen. Aber es gibt eine Menge von soziologischen, psychologischen und theologischen Theorien, die den Verdacht aufkommen lassen, dass sie mit dem Anspruch, alles erklären zu wollen, eben gar nichts erklären. Die Existenz eines liebenden Gottes und das Eintreffen irgendeiner Katastrophe können in Einklang gebracht werden, wenn die Katastrophe so interpretiert wird, dass sie uns geschickt wird, um uns auf die Probe zu stellen oder uns zu bestrafen – was sich eben gerade in der entsprechenden Situation anbietet. Viele Beispiele aus dem Tierreich können als Beweise betrachtet werden, welche die Annahme „Der Körper eines Tieres erfüllt optimal die jeweils an ihn gestellten Anforderungen“ unterstützen. Theoretiker, die in dieser Weise vorgehen, machen sich den Ausflüchten von Wahrsagern schuldig und werden von Falsifikationisten kritisiert. Wenn eine Theorie einen informativen Gehalt haben soll, dann muss sie die Möglichkeit bieten, falsifiziert zu werden.

#### 5.4 Falsifizierbarkeit, Eindeutigkeit und Präzision

Eine gute wissenschaftliche Theorie oder ein gutes wissenschaftliches Gesetz sind allein deswegen falsifizierbar, weil sie definitive Aussagen über die Wirklichkeit machen. Für den Falsifikationisten bedeutet dies gleichzeitig, dass eine Theorie mit zunehmender Falsifizierbarkeit auch im weitesten Sinne besser wird. Je umfassender die Ansprüche einer Theorie sind, desto größer ist die Zahl möglicher Gelegenheiten, um nachzuweisen, dass sich die Welt in Wirklichkeit nicht so verhält, wie es die Theorie besagt. Eine sehr gute Theorie ist eine Theorie, die umfassende Aussagen über die Welt macht, die folglich in hohem Maße falsifizierbar ist und die stets einer Falsifizierung standhält.

Was damit gemeint ist, soll mithilfe eines einfachen Beispiels veranschaulicht werden. Betrachten wir die beiden folgenden Gesetze:

- (a) Der Mars bewegt sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne.
- (b) Alle Planeten bewegen sich auf einer elliptischen Bahn um ihre jeweilige Sonne.

Es bestehen wohl keine Zweifel, dass (b) als ein Stück wissenschaftliche Erkenntnis einen höheren Stellenwert hat als (a). Gesetz (b) umfasst Gesetz (a) und geht darüber hinaus. Gesetz (b), das vorgezogen werden muss, ist falsifizierbarer als (a). Wenn Beobachtungen vom Mars Gesetz (a) falsifizieren würden, dann würden sie auch Gesetz (b) falsifizieren. Jegliche Falsifikation von (a) würde eine Falsifikation von (b) bedeuten, jedoch nicht umgekehrt. Ebenso sind Beobachtungsaussagen bezüglich der Umlaufbahnen von Venus, Jupiter etc., die (b) falsifizieren, für (a) irrelevant. Wenn wir in Anlehnung an Popper diejenige Menge von Beobachtungsaussagen, die dazu dienen könnte, ein Gesetz oder eine Theorie zu falsifizieren, als *Falsifikationsmöglichkeiten* dieses Gesetzes oder dieser Theorie bezeichnen, dann können wir sagen, dass die Falsifikationsmöglichkeiten von (a) eine Teilmenge der Falsifikationsmöglichkeiten von (b) sind. Gesetz (b) ist falsifizierbarer als Gesetz (a), was gleichzeitig bedeutet, dass es das umfassendere und somit das bessere Gesetz ist.

Ein weniger künstliches Beispiel bezieht sich auf das Verhältnis zwischen Keplers und Newtons Theorien des Sonnensystems. Als Theorie von Kepler bezeichnen wir seine drei Gesetze der Planetenbewegungen. Falsifikationsmöglichkeiten dieser Theorie bestehen aus einer Menge von Aussagen zu den Planetenpositionen in Bezug zur Sonne zu bestimmten Zeiten. Die Theorie von Newton verdrängt als eine umfassendere und damit bessere Theorie die Theorie Keplers. Sie besteht aus Newtons Bewegungsgesetzen sowie seinem Gravitationsgesetz. Letzteres macht die Aussage, dass sich zwei Körper im Universum gegenseitig mit einer Kraft anziehen, die umgekehrt proportional zu dem Quadrat ihres Abstandes ist. Falsifikationsmöglichkeiten der newtonschen Theorie stellt zum Beispiel die Menge von Aussagen über Planetenpositionen zu bestimmten Zeiten dar. Aber es gibt eine Vielzahl weiterer Falsifikationsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Falsifikationen, die sich auf das Verhalten fallender Körper und auf Pendelbewegungen

beziehen oder auf den Zusammenhang zwischen der Flut und dem Stand der Sonne und des Mondes. Es gibt weitaus mehr Möglichkeiten, die Theorie von Newton zu falsifizieren als die keplersche. Und trotzdem konnte sich die newtonsche Theorie den Falsifikationsversuchen widersetzen und damit ihre Überlegenheit über die keplersche Theorie beweisen.

Hoch falsifizierbare Theorien sollten weniger falsifizierbaren vorgezogen werden, vorausgesetzt, sie werden nicht tatsächlich falsifiziert. Diese Voraussetzung ist für den Falsifikationisten entscheidend. Theorien, die falsifiziert werden, müssen grundsätzlich zurückgewiesen werden. Wissenschaft besteht darin, hoch falsifizierbare Hypothesen vorzuschlagen sowie hartnäckig und bewusst zu versuchen, sie zu falsifizieren. Um Popper (2000, S. 337) zu zitieren:

Ich will daher gerne zugeben, dass Falsifikationisten wie ich es vorziehen zu versuchen, ein interessantes Problem durch eine kühne Hypothese zu lösen, statt einen Katalog von irrelevanten Binsenwahrheiten zusammenzustellen, *auch dann, wenn der Versuch sich als schwierig erweist, oder geradezu als ein Fehlschlag*. Wir ziehen das vor, weil wir glauben, dass dies der Weg ist, um aus unseren Fehlern zu lernen; und dass wir durch die Entdeckung, dass unsere Vermutung falsch ist, viel über die Wahrheit gelernt haben und ihr nähergekommen sind. (Hervorhebungen i. Orig.)

Wir lernen aus unseren *Fehlern*. Der Fortschritt der Wissenschaft ist durch Versuch und Irrtum bedingt. Da die Ableitung universeller Gesetze und Theorien aus Beobachtungsaussagen als nicht möglich nachgewiesen wurde, jedoch die Deduktion ihrer Falschheit logisch möglich ist, wurden *Falsifikationen* die wichtigsten Meilensteine, die aufsehenerregendsten Leistungen und entscheidendsten Momente in der Entwicklung von Wissenschaft. Die Betonung der Falsifikation vom Standpunkt des eher extremen Falsifikationismus aus, die vielleicht unserer Intuition zunächst zuwiderläuft, wird in den späteren Kapiteln kritisiert.

Da Wissenschaft Theorien mit einem großen Informationsgehalt anstrebt, begrüßen es die Falsifikationisten, dass man kühne und spekulative Vermutungen anstellt. Es müssen unbesonnene Spekulationen angeregt werden, vorausgesetzt, dass sie falsifizierbar sind und zurückgewiesen werden, sobald sie falsifiziert werden. Diese Alles-oder-Nichts-Forderung steht im Widerspruch zu dem behutsamen Vorgehen, das von dem extremen Induktivisten vertreten wird. Letzterer lässt in der Wissenschaft lediglich solche Theorien zu, die als wahr oder wahrscheinlich wahr dargestellt werden können. Demnach sollten wir über gegenwärtig vorliegende Resultate aus Experimenten nur so weit hinausgehen, als uns dies legitime Induktionen erlauben. Im Gegensatz dazu erkennt der Falsifikationist die Begrenztheit der Induktion und die Theorieabhängigkeit von Beobachtung an. Die Geheimnisse der Natur können nur mithilfe von differenzierten und kreativen Theorien aufgedeckt werden. Je größer die Zahl der vorgeschlagenen Theorien ist, die mit der Realität der Welt konfrontiert werden und je spekulativer solche Vermutungen sind, umso größer sind die Chancen für entscheidende Fortschritte in der Wissenschaft. Es besteht keine Gefahr eines Zuviels an spekulativen Theorien,

sofern jede Theorie, die sich in der Folge von Beobachtung oder anderer Überprüfung zur Beschreibung der Welt als inadäquat herausstellt, rigoros eliminiert wird.

Die Forderung, dass Theorien hoch falsifizierbar sein sollten, hat die positive Konsequenz, dass Theorien eindeutig und exakt aufgestellt werden müssen. Wenn eine Theorie derart vage formuliert ist, dass es nicht absolut eindeutig ist, was ausgesagt wird, dann kann sie jeweils so interpretiert werden, als ob sie mit den Ergebnissen aus Beobachtungen und Experimenten übereinstimmen würden. Auf diese Art und Weise könnte sie gegen Falsifikation verteidigt werden. Goethe (1979, S. 268f.; Originalausgabe 1810) schrieb zum Beispiel über die Elektrizität:

Es ist ... ein Nichts, ein Null, ein Nullpunkt, ein Gleichgültigkeitspunkt, der aber in allen erscheinenden Wesen liegt und zugleich der Quellpunkt ist, aus dem bei dem geringsten Anlass eine Doppelercheinung hervortritt, welche nur insofern erscheint, als sie wieder verschwindet. Die Bedingungen, unter welchen jenes Hervortreten erregt wird, sind nach Beschaffenheit der besonderen Körper unendlich verschieden.

Wenn wir dieses Zitat für bare Münze nehmen, ist es sehr schwierig zu erkennen, welcher experimentell-physikalische Versuchsaufbau dazu dienen könnte, diese Aussage zu falsifizieren. Gerade weil sie so vage und ungenau ist (zumindest derartig aus dem Kontext gerissen), ist sie nicht falsifizierbar. Dadurch, dass Politiker und Wahrsager ihre Aussagen derart vage formulieren, sodass sie zutreffen, was auch immer eintreten mag, kann man ihnen kaum den Vorwurf der Falsch Aussage machen. Die Forderung nach einem hohen Grad an Falsifizierbarkeit schließt solche Kunstgriffe aus. Der Falsifikationist fordert, dass Theorien mit ausreichender Eindeutigkeit formuliert werden, um sich damit auf das Risiko der Falsifikation einzulassen.

Eine ähnliche Situation besteht bezüglich der Präzision einer Theorie. Je genauer eine Theorie formuliert ist, umso falsifizierbarer wird sie. Wenn wir anerkennen, dass eine Theorie umso besser ist, je falsifizierbarer sie ist (vorausgesetzt, sie ist nicht falsifiziert worden), dann müssen wir auch anerkennen, dass sie auch umso besser ist, je genauer ihre Aussagen sind. Die Aussage „Planeten wandern in elliptischen Bahnen um die Sonne“ ist genauer als „Planeten wandern in geschlossenen Bahnen um die Sonne“ und damit falsifizierbarer. Eine ovale Kreisbahn würde die erste Aussage falsifizieren, nicht aber die zweite, wohingegen irgendeine Umlaufbahn, die die zweite Aussage falsifiziert, ebenso die erste falsifizieren würde. Der Falsifikationist muss der ersten Aussage den Vorzug geben. Ebenso muss er die Aussage, dass die Lichtgeschwindigkeit in einem Vakuum  $299,8 \times 10^6$  m/sec beträgt, der weniger genauen Aussage, dass sie ungefähr  $300 \times 10^6$  m/sec beträgt, vorziehen, allein, weil die erste Aussage falsifizierbarer ist.

Die eng miteinander verbundenen Forderungen nach Präzision und Eindeutigkeit einer Aussage ergeben sich beide problemlos aus der falsifikationistischen Sichtweise von Wissenschaft.

### 5.5 Falsifikationismus und wissenschaftlicher Fortschritt

Der Fortschritt der Wissenschaft, wie ihn der Falsifikationist sieht, kann folgendermaßen zusammengefasst werden: Wissenschaft geht von Problemen aus, und zwar von Problemen, die mit der Erklärung bestimmter Aspekte der Welt oder des Universums zu tun haben. Falsifizierbare Hypothesen werden von Wissenschaftlern als Lösungen für diese Probleme vorgeschlagen. Die Hypothesen werden dann kritisch betrachtet und überprüft. Einige Hypothesen werden recht schnell verworfen, andere hingegen mögen sich als erfolgreicher erweisen. Diese müssen zum Gegenstand noch strengerer Kritik und Überprüfung werden. Wenn eine Hypothese, die erfolgreich einer Vielfalt rigoroser Überprüfungen standgehalten hat, schließlich falsifiziert wird, ist ein neues Problem aufgetaucht, das hoffentlich bereits ein Stück weiter vom gelösten Ausgangsproblem entfernt ist. Dieses neue Problem erfordert, dass neue Hypothesen aufgestellt werden, gefolgt von erneuter kritischer Überprüfung. In dieser Weise setzt sich der Prozess unbegrenzt fort. Man kann niemals von einer Theorie behaupten, dass sie wahr ist, wie gut sie auch rigoroser Überprüfung standgehalten hat; aber es kann hoffentlich gesagt werden, dass eine gegenwärtige Theorie der vorangegangenen in dem Sinne überlegen ist, dass sie den Überprüfungen standhalten kann, durch die die vorherigen falsifiziert wurden.

Bevor wir auf einige Beispiele eingehen, die die falsifikationistische Vorstellung vom Fortschritt der Wissenschaft veranschaulichen, soll zunächst auf den Anspruch eingegangen werden, dass Wissenschaft mit Problemen einsetzt. Einige Fragen, mit denen sich Wissenschaftler in der Vergangenheit auseinandergesetzt haben, lauten zum Beispiel: Wieso sind Fledermäuse in der Lage, nachts so unheimlich geschickt zu fliegen, obwohl sie nur sehr kleine und schwache Augen haben? Warum zeigt ein einfaches Barometer bei großer Höhe über dem Meeresspiegel einen niedrigeren Wert als bei geringer Höhe? Warum haben sich die Photoplatten im Labor von Röntgen immer wieder geschwärzt? Warum verschiebt sich das Perihel des Merkurs zunehmend? Diese Probleme gehen alle mehr oder weniger aus direkter *Beobachtung* hervor. Betrachtet man diese Tatsache, dann könnte man sich fragen, ob nicht auch für den Falsifikationisten ebenso wie für den naiven Induktivisten Wissenschaft mit Beobachtung beginnt? Die Antwort auf diese Frage muss definitiv verneint werden. Die oben zitierten Beobachtungen, aus denen sich die Probleme ableiten, sind lediglich problematisch *im Licht ganz bestimmter Theorien*. Die erste Beobachtung ist problematisch unter dem Aspekt der Theorie, dass lebende Organismen mit ihren Augen „sehen“; die zweite war für diejenigen problematisch, die Galileis Theorie befürworteten, weil dies im Widerspruch zu der Theorie stand, die von der „Kraft des Vakuums“ ausging und die von ihnen als Erklärung dafür herangezogen wurde, warum die Quecksilbersäule eines Barometers nicht fällt; die dritte Beobachtung war problematisch für Röntgen, weil zu der damaligen Zeit ganz selbstverständlich angenommen wurde, dass keine Strahlung oder Ausdünstung irgendeiner Art existierte, die den Behälter mit den Photoplatten durchdringen und diese schwärzen könnte; die vierte Beobachtung war insofern problematisch, weil sie mit Newtons Theorie unvereinbar war. Der Anspruch, dass Wissenschaft von Problemen ausgeht, steht voll-

kommen in Einklang mit dem Primat der Theorie über Beobachtung und Beobachtungsaussagen. Wissenschaft beginnt nicht mit reiner Beobachtung.

Nach diesem Exkurs wollen wir zur falsifikationistischen Vorstellung vom Fortschritt der Wissenschaft kommen. Er wird beschrieben als das Fortschreiten vom Problem zu spekulativen Hypothesen, zu ihrer kritischen Überprüfung, ihrer möglichen Falsifikation und von da aus zu neuen Problemen. Zwei Beispiele sollen diesen Prozess zeigen. Das erste, ein sehr einfaches, bezieht sich auf das Problem des Nachtfluges von Fledermäusen, das zweite, ein etwas komplexeres, beschreibt den Fortschritt in der Physik.

Wir beginnen mit dem Problem der Fledermäuse. Fledermäuse sind in der Lage, mühelos und mit hoher Geschwindigkeit zwischen den Ästen von Bäumen, Telegraphenleitungen etc. und aneinander vorbeizufiegen und dabei Insekten zu fangen, und dies, obgleich sie schwache Augen haben und zudem noch meistens nachts fliegen. Dies wirft ein Problem auf, weil dies allem Anschein nach auch die plausible Theorie falsifiziert, dass Tiere, wie der Mensch auch, mit ihren Augen sehen. Als Falsifikationist wird man nun versuchen, das Problem so zu lösen, dass man eine Vermutung oder Hypothese aufstellt. Vielleicht sind Fledermäuse, obwohl sie anscheinend schwache Augen haben, trotzdem auf irgendeine Art und Weise, die wir noch nicht verstehen, in der Lage, nachts durchaus wirksam mit ihren Augen zu sehen. Diese Hypothese kann überprüft werden. Eine Anzahl von Fledermäusen wird in einem abgedunkelten Raum, in dem Hindernisse angebracht sind, freigelassen und es wird ihre Fähigkeit, den Hindernissen auszuweichen, auf irgendeine Art und Weise gemessen. Denselben Fledermäusen werden dann die Augen verbunden, und sie werden erneut im Testraum freigelassen. Vor dem Experiment kann der Experimentator den folgenden Schluss ziehen, wobei eine der Voraussetzungen zur Deduktion seiner Hypothese konkret wie folgt lautet: „Fledermäuse sind in der Lage, beim Fliegen Hindernissen auszuweichen, wobei sie auf ihre Augen angewiesen sind, und sie können dies nicht, ohne ihre Augen zu benutzen“. Die zweite Voraussetzung ist eine Beschreibung der experimentellen Situation, einschließlich der Aussage „Dieser Stichprobe von Fledermäusen wurden die Augen verbunden, sodass sie ihre Augen nicht benutzen können“. Aus diesen beiden Voraussetzungen kann der Experimentator deduktiv ableiten, dass die Stichprobe von Fledermäusen nicht in der Lage sein wird, die Hindernisse in dem Testlabor wirksam zu umfliegen. Das Experiment wird nun durchgeführt und es wird herausgefunden, dass die Fledermäuse Zusammenstöße ebenso wirksam vermeiden können wie zuvor. Die Hypothese wird falsifiziert. Es muss nun erneut eine Vermutung bzw. eine Hypothese aufgestellt werden. Vielleicht schlägt ein Wissenschaftler vor, dass in irgendeiner Weise die Ohren der Fledermäuse an der Fähigkeit beteiligt sind, Hindernisse zu umfliegen. Als Versuch, diese Hypothese zu falsifizieren, kann das Experiment dienen, den Fledermäusen, bevor sie in dem abgedunkelten Testraum freigelassen werden, die Ohren zu verstopfen. Diesmal stellt sich heraus, dass die Fähigkeit der Fledermäuse, den Hindernissen auszuweichen, bedeutsam beeinträchtigt ist. Die Hypothese wurde bestätigt. Der Falsifikationist muss nun versuchen, seine Hypothese präziser zu fassen, sodass sie zunehmend falsifizierbarer wird. Es wird vorgeschlagen, dass die Fledermaus das Echo ihrer eigenen Laute hören könnte, das von festen Objekten widerhallt. Dies

wird überprüft, indem den Fledermäusen die Fähigkeit genommen wird, Laute von sich zu geben, ehe sie im Testraum freigelassen werden. Erneut prallen die Fledermäuse gegen Hindernisse, und erneut ist damit die Hypothese bestätigt. Der Falsifikationist scheint damit eine vorläufige Lösung für sein Problem gefunden zu haben, obgleich er nicht für sich beanspruchen kann, tatsächlich experimentell *bewiesen* zu haben, wie Fledermäuse beim Fliegen Zusammenstöße vermeiden. Es könnten sich eine ganze Reihe von Faktoren herausstellen, die belegen, dass er sich geirrt hat. Vielleicht nehmen Fledermäuse Echos nicht mit ihren Ohren wahr, sondern mit sensitiven Regionen nahe den Ohren, deren Funktion durch das Zustoßen der Ohren ausgeschaltet wurde. Oder vielleicht nehmen unterschiedliche Arten von Fledermäusen Hindernisse in ganz unterschiedlicher Weise wahr, sodass die im Experiment verwendeten Fledermäuse nicht wirklich repräsentativ waren.

Der Fortschritt der Physik von Aristoteles über Newton bis Einstein liefert ein prominenteres Beispiel. Die falsifikationistische Beschreibung dieses Fortschritts sieht etwa folgendermaßen aus. Die aristotelische Physik war in gewissem Umfang recht erfolgreich. Sie konnte eine Vielfalt von Phänomenen erklären, so zum Beispiel, warum schwere Gegenstände auf den Boden fallen (sie suchen ihren natürlichen Platz im Zentrum des Universums), sie konnte den Mechanismus von Sauglocken und Vakuumpumpen erklären (die Erklärung beruhte auf der Unmöglichkeit des Vakuums) und so weiter. Aber letztendlich wurde die aristotelische Physik auf vielerlei Weise falsifiziert. Steine fielen von der Mastspitze eines sich gleichmäßig bewegenden Schiffes auf das Deck am Fuß des Mastes und nicht in einiger Entfernung des Mastes, wie dies die Theorie von Aristoteles vorher sagte. Es konnte beobachtet werden, dass die Jupitermonde den Jupiter umkreisten und nicht die Erde. Eine große Anzahl weiterer Falsifikationen sammelten sich im Laufe des 17. Jahrhunderts an. Die newtonsche Physik war jedoch, sobald sie einmal von Galilei und Newton in einem Prozess von Vermutungen entworfen und entwickelt war, der aristotelischen Theorie überlegen und ersetzte diese. Newtons Theorie konnte eine Erklärung für fallende Gegenstände geben, für die Funktionsweise von Sauglocken und Vakuumpumpen und alles andere, das die aristotelische Theorie erklären konnte und wurde darüber hinaus Phänomenen gerecht, die für die aristotelische Theorie problematisch waren. Zusätzlich konnte Newtons Theorie Phänomene erklären, die durch die aristotelische Theorie nicht berührt wurden, wie etwa die Beziehung zwischen den Gezeiten und dem Stand des Mondes, oder die Variation der Schwerkraft in Abhängigkeit von der Höhe über dem Meeresspiegel. Über zwei Jahrhunderte lang war Newtons Theorie erfolgreich. Das heißt, Versuche, sie in Bezug auf ein neues Phänomen, das mit ihrer Hilfe vorhergesagt würde, zu falsifizieren, blieben ohne Erfolg. Die Theorie führte sogar zu der Entdeckung eines neuen Planeten, des Planeten Neptun. Aber ungeachtet ihres Erfolges haben anhaltende Falsifizierungsversuche sich schließlich als erfolgreich herausgestellt. Newtons Theorie wurde auf unterschiedlichen Wegen falsifiziert. Sie war ebenso wenig in der Lage, Details der Kreisbahn des Planeten Merkur zu erklären, wie die veränderliche Masse von sich schnell bewegenden Elektronen in einer Entladungsröhre. Physiker sahen sich herausfordernden Problemen gegenüber, und um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert for-

derten diese Probleme neue spekulative Hypothesen, die zur Überwindung dieser Probleme entwickelt wurden. Einstein wurde dieser Herausforderung gerecht. Seine Relativitätstheorie war in der Lage, die Phänomene zu erklären, die Newtons Theorie falsifizierten, während sie es gleichzeitig mit Newtons Theorie in den Bereichen aufnehmen konnte, in denen diese erfolgreich überprüft worden war. Darüber hinaus brachte Einsteins Theorie die Vorhersage spektakulärer Phänomene hervor. Seine Spezielle Relativitätstheorie sagt vorher, dass die Masse eine Funktion der Geschwindigkeit sei und dass Masse in Energie transformierbar ist und umgekehrt. Seine Allgemeine Relativitätstheorie sagt vorher, dass Lichtstrahlen in starken Gravitationsfeldern gebeugt werden. Versuche, Einsteins Theorie im Hinblick auf diese neuen Phänomene zu widerlegen, misslangen. Die Falsifikation der einsteinschen Theorie bleibt eine Herausforderung für die moderne Physik. Der Erfolg, falls er eintreten sollte, würde einen neuen Schritt nach vorn im Fortschritt der Physik bedeuten.

Dies stellt eine typische falsifikationistische Sichtweise vom Fortschritt der Physik dar. In späteren Kapiteln werden wir zeigen, dass ihre Richtigkeit und Gültigkeit in Zweifel gezogen werden muss. Aus dem vorangegangenen Abschnitt wird deutlich, dass das Konzept vom Fortschritt und der Entwicklung von Wissenschaft ein Konzept ist, das in der falsifikationistischen Vorstellung von Wissenschaft eine zentrale Rolle spielt. Dieser Frage wird im Einzelnen im folgenden Kapitel nachgegangen.

### Weiterführende Literatur

Der klassische Text zum Falsifikationismus ist Poppers „Logik der Forschung“ (10. Aufl. 1994). Er erschien 1934 auf Deutsch und erst 1959 wurde eine englischsprachige Übersetzung vorgelegt. Darüber hinaus liegen mit „Vermutungen und Widerlegungen. Das Wachstum der wissenschaftlichen Erkenntnis“ (2000, engl. Originalausgabe 1963) und „Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf“ (1984, engl. Originalausgabe 1973) neuere Textsammlungen von Popper vor. Im ersten Kapitel von „Vermutungen und Widerlegungen“ berichtet Popper, wie er auf dem Weg eines Vergleichs von Freud, Adler und Marx mit Einstein seine eigenen zentralen Ideen entwickelte. Weitere Quellen zum Falsifikationismus werden am Ende des nächsten Kapitels angegeben.