Walter Klinger

Naturwahrnehmung aus Sicht der Physik

1. Grundlegende Voraussetzungen der physikalischen Naturrezeption

Die Darstellung der Rezeption der Natur aus dem Blickwinkel der Physik erfordert zunächst eine Klärung der Bedeutung des Begriffs „Perzeption" in Bezug auf die Physik. Die Frage nach der Perzeption zieht sich wie ein roter Faden durch die abendländische Geistes- und Philosophiegeschichte, und zwar angefangen von den griechischen Naturphilosophen bis herauf in unsere Gegenwart. Es gibt wohl keinen namhaften Philosophen, der sich nicht mit der Frage der Perzeption auseinander gesetzt hätte. Wie Natur vom Blickwinkel der Physik aus rezeptiert wird bzw. bisher rezeptiert wurde, hängt ganz wesentlich von den jeweiligen Theorien über die Perzeption ab.

1.1 Existenz einer realen Außenwelt

Grundlegend neue Einsichten in die Reizverarbeitung und die damit verbundene Entstehung unserer Wahrnehmung wurden in den letzten Jahrzehnten vor allem durch Ergebnisse der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik und der Chemie, gewonnen. Es gilt heute wohl als unbestrittene Tatsache, dass wir durch die Stimulation unserer Sinnesorgane Information aufnehmen, d. h. die Sinnesorgane befähigen den Menschen, mit seiner Umwelt in Verbindung zu treten, mit ihr Kontakt aufzunehmen.

Der Mensch bleibt aber nicht bei den bloßen Sinnesreizen stehen. Die Sinnesreize werden weiterverarbeitet, lösen Handlungen aus, es gibt eine sensomotorische Kopplung bis hin zum sensomotorischen Kreisprozess:
Bereits das Kleinkind bleibt – beispielsweise – nicht beim Lichtreiz und dem Geräuschreiz seiner Klapper stehen. Es greift nach dem, was es sieht; es schaut auf das, was es hört. In unzähligen Wiederholungen eines unbewussten Experimentierens, das wir „Spielen" nennen, wird das Sinnengegebene – d. h. das primär durch die Sinne Gegebene – zu der Auffassung, zum mentalen Bild „Klapper" integriert.

Aus seiner Sinneserfahrung entwickelt der Mensch eine „Seinsordnung". Er projiziert die mentalen Bilder, die er aus seiner Sinneserfahrung geschaffen hat, in die Umwelt hinein. Unserem Beispiel entsprechend, existiert die Klapper in der Vorstellung als selbständiger Gegenstand, der Eigenschaften hat wie Form, Farbe, Geräusch, Härte, Temperatur etc.

Auf diese Weise entsteht im Bewusstsein des Menschen eine Trennung

a) in eine Wirklichkeit jenseits des Ichs, d. h. eine Außenwelt (transzendenteWelt) und

b) in eine Wirklichkeit im Innern des Ichs, d. h. eine Innenwelt (immanente Welt).

Ein oder wenige Sinneseindrücke genügen dann, um Gegenstände wie Haus, Baum, Tisch etc. zu erkennen. Die unsere Sinnesorgane reizenden Vorgänge werden von uns als von den Gegenständen abhängig aufgefasst. Das in seiner Wirkungsordnung Gegebene wird übersprungen. Ein seinsmäßig Früheres wird als das Unmittelbare interpretiert (*Dessauer, F.* 1969, p. 15).

Mit der Trennung in eine Innen- und in eine Außenwelt ist man an einem wichtigen Punkt angelangt, der in der Philosophie des Abendlandes (im vergangenen Jahrhundert vor allem in Hinblick auf die Naturwissenschaften, insbesondere die Physik) viele Kontroversen hervorgerufen hat. Es geht um die Frage nach der Existenz einer objektiven, bewusstseinsunabhängigen Außenwelt, sowie um die Frage nach der Möglichkeit, sie zu erkennen. Besonders im Zusammenhang mit der Naturwissenschaft Physik werden bei dieser Auseinandersetzung häufig erkenntnistheoretische Auffassungen vertreten, die dem naiven Realismus, dem kritischen (hypothetischen) Realismus (vgl. z. B. *Vollmer, G.* 1983, p. 34) und dem Konstruktivismus (*Watzlawick, P.* 1981) zuzurechnen sind.

Nach Auffassung eines naiven Realisten existiert eine vom Menschen unabhängige objektive Außenwelt, die genauso beschaffen ist, wie sie der Mensch durch seine Sinnesorgane wahrnimmt. Physikalische Messapparaturen dienen einerseits einer Schärfung, andererseits einer Erweiterung der Sinne. Der Schnitt zwischen Innen- und Außenwelt erfolgt zwischen dem zu erkennenden Objekt und der Messapparatur (Abb. 1). Die Apparatur wird somit auf die Seite des erkennenden Subjekts (Beobachter) geschlagen, und zwar mit der Maßgabe, dass das zu erkennende Objekt in keiner Weise, d. h. weder durch den Beobachter noch durch die Apparatur beeinflusst wird.

Diese naive Auffassung ist im vergangenen Jahrhundert vor allem durch die Entwicklung der Quantenmechanik unhaltbar geworden. Denn im Mikrokosmos kann das Verhalten eines Objektes (z. B. eines Elektrons) zunächst nur durch so genannte Erwartungswerte beschrieben werden. Erst durch die Messung, d. i. durch die Wechselwirkung einer Apparatur bzw. eines Subjektes (eines Beobachters) mit einem Objekt, wird das Objekt (z. B.

Elektron) auf einen bestimmten Zustand (z. B. auf bestimmte Ortskoordinaten) festgelegt. Wird Realität erst durch den Prozess der Messung erzeugt, so gehört die Apparatur zu dieser Realität, und in gewisser Weise müßte dann auch der Forscher in diese Realität mit einbezogen werden Es wird also problematisch, im Sinne des naiven Realismus einen eindeutigen Trennstrich zwischen Innen- und Außenwelt zu ziehen (Abb. 1).

Der extreme Konstruktivismus nach Watzlawick, welcher „objektive Wirklichkeit" lediglich als Konstrukt der im Denkapparat verarbeiteten Sinneseindrücke begreift, ist für die meisten Naturwissenschaftler ebenfalls unannehmbar. Denn die Auffassung, dass es verschiedene, von der jeweiligen Person abhängige Möglichkeiten gibt, Wirklichkeit zu „erfinden", entzöge ihnen den Boden ihrer Forschertätigkeit.

Naturwissenschaftler hängen heute überwiegend dem kritischen bzw. dem hypothetischen Realismus an. Danach existiert eine objektive Außenwelt, die gewisse Strukturen aufweist, und die mit Hilfe der Sinneswahrnehmung bzw. durch Messapparaturen erforscht werden kann. Wegen der Beschränktheit seiner Sinneswahrnehmung wird es dem Menschen aber niemals möglich sein, diese objektive Wirklichkeit ganz als solche zu erfassen. Er wird sich davon immer nur ein durch die begrenzten Möglichkeiten seines Erkenntnisapparates beschränktes Abbild machen können. Was der naive Realist für die tatsächlich existierende objektive Wirklichkeit hält, ist für den kritischen (hypothetischen) Realisten nur Abbild, Vorstellung, ein Modell der Wirklichkeit, und diese Vorstellung, dieses Modell, erschließt er sich aus Informationen, die er durch seine – in der Forschung gezielt herbeigeführten – Sinneswahrnehmungen erhalten hat. Alle Aussagen des Physikers über die Welt haben demnach nur Hypothesencharakter (*Klinger, W.* 1994, p. 151).

Ziel der Physik ist die modellhafte Rekonstruktion und Beschreibung der postulierten objektiven Wirklichkeit aus stets unvollkommenen, dem Menschen nur unvollständig zugänglichen Informationen. Diese Rekonstruktion erfolgt in ständigem Wechsel zwischen Objektbereich und Modellbereich, etwa im Sinne des Physikers Heinrich Hertz, dem Entdecker der elektromagnetischen Wellen (*Hertz, H.* 1894):

„Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, dass die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände."

Diese Außenwelt, von der der Mensch stets nur modellhafte Vorstellungen entwickeln kann, soll hier als Natur bezeichnet werden. Aus physikalischer

Sicht ist es hilfreich, diese Natur in Makrokosmos (Bereich der makroskopischen Dimensionen, Weltall), Mesokosmos (Bereich der mittleren Dimensionen, Alltagswelt) und Mikrokosmos (Bereich der mikroskopischen, atomaren Dimensionen) zu unterteilen.

1.2 Grundannahmen der physikalischen Naturwahrnehmung

Die physikalische Naturwahrnehmung beruht auf einer Reihe fundamentaler Überzeugungen, die den Rang von Axiomen oder - anders gewendet - von Glaubenssätzen einnehmen. Diese Überzeugungen lagen bereits dem Denken der griechischen Naturphilosophen zugrunde. Sie besagen:

1. In der Natur herrscht trotz des ständigen Wechsels eine Ordnung, und der Mensch ist fähig, diese Ordnung mit seinem Verstand – mit seiner Ratio – in Erfahrung zu bringen.

2. Die Natur ist einfach, und all die Vielgestaltigkeit, die Komplexität und das Verwirrende der uns umgebenden Natur lässt sich zurückführen auf einige wenige grundlegende Prinzipien, Elemente, Entitäten oder wie immer man dies bezeichnen mag.

3. Die Natur ist harmonisch, wobei in diesem Zusammenhang Symmetrien eine zentrale Rolle spielen. Symmetrien sind aufs Engste mit Erhaltungssätzen, wie z. B. dem Energieerhaltungssatz oder dem Impulserhaltungssatz verknüpft. (vgl. hierzu: „Die Rolle der Orientierung im Bereich der Physik", *Klinger, W.*, 2000).

4. Naturprozesse laufen kausal ab. Das bedeutet, ein und derselben Ursache lässt sich stets eindeutig dieselbe Wirkung zuordnen. Diese Annahme erfährt heute allerdings durch die Quantenmechanik und die Chaostheorie eine gewisse Einschränkung.

5. Ein weiterer, äußerst wichtiger Aspekt der physikalischen Naturbetrachtung ist die Überzeugung, die bereits von Pythagoras ausgesprochen wurde, dass sich die in der Natur festgestellten Strukturen und Abläufe auf mathematische Strukturen abbilden lassen, d. h. durch mathematische Strukturen darstellen lassen. Die Mathematisierbarkeit der Naturerkenntnis ist eine der erstaunlichsten Entdeckungen des Abendlandes.

1.3 Physikalische Größen

Eine wesentliche Voraussetzung für die mathematische Beschreibung physikalischer Sachverhalte ist die Einführung quantifizierbarer Begriffe, so genannter physikalischer Größen. Man versteht darunter all jene Merkmale (Eigenschaften) von stofflichen oder auch unstofflichen Objekten, die

durch Messung quantifizierbar sind. Die mathematische Darstellung von Sachstrukturen bezieht sich stets auf die mathematische Verknüpfung physikalischer Größen. Meist geschieht dies durch Differentialgleichungen oder gekoppelte Differentialgleichungssysteme.

1.4 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

Die für die Physik charakteristische Rezeption der Natur geht auf Galilei im 15. Jahrhundert zurück. Vor Galilei richtete sich das Augenmerk auf die Gesamtheit und Ganzheit der Naturphänomene. Theorien sollten so beschaffen sein, daß alles Seiende umfassend erklärt werden konnte, und zwar möglichst aus einem oder aus wenigen Vorsätzen; es sollte die absolute Wahrheit erfasst werden, indem man die fundamentalen Fragen des Daseins unmittelbar zu beantworten versuchte, etwa Fragen wie:

„Warum ist die Welt so beschaffen, wie wir sie vorfinden?"
„Was ist der Anfang und das Ende des Universums?"
„Was ist das Wesen der Dinge?"
„Was ist Leben?"

Seit Galilei schlug der naturwissenschaftliche Erkenntnisdrang einen anderen Weg ein. Statt nach der umfassenden Wahrheit zu streben, begannen die Menschen eindeutig definierbare und unterscheidbare Phänomene zu untersuchen. Sie fragten nicht mehr „Wie wurde die Welt erschaffen?", sondern vielmehr „Wie fällt ein Stein?" oder „Wie bewegen sich die Planeten am Himmel?" Sie fragten nicht mehr, „Was ist Materie?" oder „Was ist der Sinn des Lebens?" Sie fragten vielmehr, „Welche Eigenschaften haben Metalle?" bzw. „Wie fließt das Blut in den Adern?" Anders ausgedrückt, man mied allgemeine Fragen und stellte stattdessen eng begrenzte Fragen, auf die man eher eine direkte, unzweideutige Antwort zu erhalten hoffte.

Dadurch geschah etwas sehr Unerwartetes: Die Beschränkung auf begrenzte Fragen wurde damit belohnt, dass man immer allgemeinere Antworten erhielt. Durch den Umweg über Einzelerfahrungen und den Verzicht auf unmittelbare Erlangung der absoluten Wahrheit, konnten die Naturwissenschaftler äußerst leistungsfähige Methoden entwickeln, die zu fundamentalen Naturerkenntnissen, zu einem umfassenden Naturbild führten und zwar im Mikroskopischen wie auch im Makroskopischen.

Die detaillierten Untersuchungen des fallenden Steins und das Studium der Bewegung der Himmelskörper etwa führten zur Himmelsmechanik und zur Entdeckung des alles umfassenden Gravitationsgesetzes. Die Untersuchung der Gase und der Reibungserscheinungen führte zu den allgemeinen Geset-

zen der Thermodynamik. Die Untersuchung von Froschschenkelmuskeln führte zur Entdeckung der galvanischen Elemente und letztendlich zu den Gesetzen der Elektrodynamik, in denen man die Basis der Struktur der Materie erkannte. Durch solche detaillierte Untersuchungen wurde der Rahmen für ein umfassendes Verständnis der natürlichen Welt geschaffen. Auf diese Weise entstand das Weltbild des 20. Jahrhunderts.

Entscheidend für diese Entwicklung war (und ist immer noch) die von Galilei eingeführte experimentelle Untersuchungsmethode. Zentraler Punkt dieser Methode ist das Experiment. Als Frage an die Natur (*I. Kant*) oder gar als Verhör der Natur (*C. F. v. Weizsäcker*) entscheidet das Experiment stets als letzte Instanz über den Wahrheitsgehalt einer physikalischen Aussage.

Die wichtigsten Kriterien, denen physikalische Experimente genügen müssen, sind die Reproduzierbarkeit und die Objektivität.

Reproduzierbarkeit bedeutet dabei, dass der zu einer bestimmten Erkenntnis führende Weg, beliebig oft durchlaufen werden kann und im Rahmen der Messgenauigkeit stets zum gleichen Ergebnis führt.

Eng damit verbunden ist die Objektivität. Sie fordert, dass experimentelle Ergebnisse im Rahmen der Messgenauigkeit vom Experimentator unabhängig sein müssen. Das impliziert, dass die Wechselwirkung zwischen der experimentierenden Person und dem zu beobachtenden System so klein wie nur immer möglich gehalten werden muss. Im Grenzfall sollte sie gegen Null gehen. Die Beachtung dieser Forderung bewirkt, dass einmal gemachte naturwissenschaftliche Erfahrungen jedem beliebigen Individuum zugänglich sind, also unabhängig von der Person im Detail nachvollzogen werden können, vorausgesetzt das Individuum hat sich mit den entsprechenden Methoden hinreichend vertraut gemacht.

Der wesentlichste Unterschied zwischen der Naturrezeption in der Physik und der Naturrezeption etwa im Bereich der Kunst wird hier offensichtlich. Ein Physiker versucht, sich von dem zu beschreibenden Naturphänomenen möglichst zu entkoppeln, also seine Emotionen und seine unterschiedlichen Lebenssituationen aus der Beschreibung so weit wie nur möglich herauszuhalten, während – und das ist völlig legitim und macht auch den Reiz der Kunst aus – ein Künstler seine Emotionen und unterschiedlichen Lebenssituationen voll in seine musikalische, dichterische, malerische ... Naturbeschreibung mit hineinnimmt. Dadurch wird die künstlerische Naturrezeption subjektiv, also für andere zumindest im Detail häufig nicht mehr nachvollziehbar. Der Unterschied liegt also in der persönlichen Ein-

koppelung des Beschreibers in die Beschreibung des Naturvorgangs und den daraus resultierenden unterschiedlichen Graden an Subjektivität bzw. Objektivität. Aussagen, die ein Physiker beispielsweise über einen Sonnenuntergang macht, sind im Prinzip von jedem Menschen nachvollziehbar. In die künstlerische Aussage „Sonnenuntergang" etwa in einem abstrakten Gemälde, einem Gedicht oder einer musikalischen Komposition ist meist soviel Subjektives, individuell Emotionelles eingewoben, dass die vom Künstler beabsichtigte Interpretation für andere oftmals nicht nachvollziehbar ist, auch dann nicht, wenn mitgeteilt wird, was das Gemälde, das Gedicht oder Musikstück ausdrücken soll.

Idealtypisch stellt sich die Methode, die zur physikalischen Naturrezeption führt, folgendermaßen dar (Abb.2): Ausgangspunkt ist häufig die Beobachtung eines Naturphänomens, eine geistige Spekulation oder eine technische Notwendigkeit. Daraus entwickelt sich dann eine Frage, zu deren Beantwortung eine vorläufige Hypothese (heute meist als Modellvorstellung bezeichnet) entwickelt wird. Eine Hypothese ist dabei eine auf dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen und Kenntnisse deduzierte Antwort auf die gestellte Frage. Ob die deduzierte Antwort richtig ist, wird anhand experimentell überprüfbarer Konsequenzen, die aus der Modellvorstellung folgen, mit Hilfe einer geeigneten Experimentieranordnung festgestellt. Erst wenn die erwarteten Konsequenzen voll und ganz mit den experimentellen Daten verträglich sind, d. h. in Einklang stehen, kann die Modellvorstellung in den Bestand der Physik aufgenommen werden.

Diese Vorgehensweise der Erkenntnisgewinnung wird bekanntlich als induktive Methode (besser Methode der unvollständigen Induktion) bezeichnet. Sie wird hauptsächlich im Bereich der Experimentalphysik angewendet. Neue Erkenntnisse werden aber – vor allem vom theoretischen Physiker – auch auf deduktivem Weg erhalten, und zwar durch Anwendung mathematischer Operationen und Überlegungen auf bereits vorhandene physikalische Gesetzmäßigkeiten und Theorien. Über den Wahrheitsgehalt solcher deduzierter Ergebnisse entscheidet aber wieder allein das Experiment.

2. Physikalische Weltbilder

2.1 Kritik der Sinneswahrnehmung

Ein wesentlicher Aspekt der physikalischen Naturrezeption, betrifft das, was man als apparative Zurüstung bezeichnen könnte. Unsere Sinne können - vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet – Täuschungen unterliegen. Das heißt, die von unseren Sinnen unmittelbar von der Umwelt auf-

genommenen Sinnesreize werden, – noch bevor sie uns bewusst werden –, bereits von unserem Wahrnehmungsapparat (Nerven und Gehirn) in vielfacher Weise umgearbeitet bzw. weiterverarbeitet. Typische Beispiele hierzu sind etwa im Bereich der Optik die Kontrastverstärkung beim Übergang von Hell zu Dunkel (Machsche Streifen), die Ergänzung nicht vorhandener Linien, die Spiraltäuschung (Abb. 3 a) oder das Phänomen der farbigen Schatten (Abb. 3 b).

Um solche physiologisch bedingten – im Sinne der Physik nicht real vorhandenen – Effekte auszuschalten, setzt der Physiker Messgeräte bzw. Messapparaturen ein. Mit Hilfe von Messgeräten wird der Messwert einer zu bestimmenden Größe letztendlich auf den Ausschlag eines Zeigers oder – heutzutage zunehmend häufiger – auf eine digitale Anzeige zurückgeführt. Beim Ablesen eines Zeigerausschlags oder einer Digitalanzeige spielen Sinnestäuschungen kaum eine Rolle.

2.2 Apparative Erweiterung des Wahrnehmungshorizonts

Messgeräte dienen aber nicht nur der Objektivierbarkeit physikalischer Aussagen. Sie bewirken, wie bereits angedeutet, vor allem auch eine eminente Erweiterung des Wahrnehmungshorizontes des Menschen. Mit Hilfe von Messvorrichtungen ist es möglich, Phänomene wahrzunehmen, die dem menschlichen Sinnesapparat unmittelbar verschlossen bleiben. Man denke hier etwa an das gesamte elektromagnetische Spektrum unterhalb der Infrarotstrahlung und oberhalb des sichtbaren Lichtes oder an Schallwellen oberhalb einer Frequenz von 20 kHz. Auch für die unmittelbare Wahrnehmung magnetischer und elektrischer Felder oder ionisierender Strahlung fehlen uns spezifische Sinnesorgane.

Ohne Messapparaturen ist unserem Sinnesapparat nur der Mesokosmos zugänglich. Mit Hilfe geeigneter Messvorrichtungen erschloss die Physik völlig neue Bereiche der Natur, nämlich den Mikrokosmos und den Makrokosmos. Zur Beschreibung des Mikro- und des Makrokosmos mussten Begriffskategorien entwickelt werden, die hier abkürzend durch die Stichworte „Quantenmechanik“ und „Relativitätstheorie“ charakterisiert werden sollen.

2.2.1 Wahrnehmung des Mikrokosmos

Im Mikrokosmos umfasst die Vorstellungswelt der Physik den atomaren und subatomaren Bereich hinunter bis zu Strukturen von 10^{-18} m und zu Vorgängen, die in Zeitintervallen von weniger als 10^{-14} s ablaufen. Mit Hilfe des Rastertunnel- und des Kraftmikroskops etwa, ist es nicht nur möglich,

einzelne Atome „sichtbar“ zu machen, sondern sie auch einzeln zu manipulieren.

Im Vergleich zum Mesokosmos entsteht im Bereich des Mikrokosmos eine völlig neue Sicht der Natur, eine neue Qualität der Naturrezeption. Viele im Mesokosmos phänomenologisch eingeführten physikalischen Größen lassen sich im Mikrokosmos auf Bewegungsvorgänge zurückführen. So gilt beispielsweise:

- Druck, Temperatur und thermische Energie eines Gases ist eine Folge der statistischen Bewegung von Atomen oder Molekülen (statistische Mechanik).
- Schall entsteht durch die periodische Bewegung von Materie. Das, was wir als Klänge und Musik empfinden, lässt sich auf die additive Überlagerung solcher periodischer Bewegungen (Sinusschwingungen) zurückführen.
- Elektromagnetische Wellen, zu denen das Licht zählt, beruhen auf der beschleunigten Bewegung elektrischer Ladungen.
- Phänomene, die unserer Empfindung nach so unterschiedlich sind, wie Farbe und Wärmestrahlung werden ebenso wie Röntgen- und Gamma-Strahlung einheitlich auf unterschiedliche Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung zurückgeführt, die wiederum aufgrund atomarer, dynamischer Prozesse entsteht.

Durch die Analyse der mesokosmischen Begriffswelt hinsichtlich ihrer mikroskopischen Struktur tut sich eine völlig neue, faszinierende und erhabene Natursicht auf. Im Vergleich zum Mesokosmos herrschen hier ganz andersartige Gesetzmäßigkeiten, die sich am besten mit dem Terminus „Quantenmechanik“ andeuten lassen.

Die mikroskopische Betrachtungsweise der Natur macht die Begriffswelt des Mesokosmos nicht überflüssig. Physiker sind jedoch überzeugt, dass die Gesetzmäßigkeiten des Mikrokosmos dem Mesokosmos zugrunde liegen und zu seinem besseren Verständnis unerlässlich sind. Die physikalische Naturrezeption im atomaren Bereich hat nicht zuletzt auch auf die Naturrezeption im organischen Bereich und der belebten Natur enorme Auswirkungen.

2.2.2 Wahrnehmung des Makrokosmos

Neben dem Mikrokosmos umfasst die Vorstellungswelt der Physik aber auch immense makroskopische Dimensionen. Mit modernen Teleskopen werden Entfernungen bis zu 9 Milliarden Lichtjahre überblickbar, und damit kann

die Evolution des Weltalls bis zum Urknall zurückverfolgt werden, der vor ca. 15 Milliarden Jahren stattgefunden haben soll. Mit bloßem Auge können im Wesentlichen nur die hellsten Sterne unseres Milchstraßensystems wahrgenommen werden. Die moderne Astronomie jedoch liefert Bilder von Galaxien, die mehrere Milliarden Lichtjahre entfernt sind, und zwar mit einer so hohen Auflösung, dass darin selbst einzelne Sterne noch gut unterschieden werden können. Das moderne Weltbild beruht heute auf physikalisch und astronomisch fundierten Erkenntnissen. Es zeigt sich uns ein dynamisches, sich (wahrscheinlich unendlich) ausdehnendes Weltall, in dem Sterne und ganze Galaxien geboren werden, sich entwickeln und wieder zugrunde gehen.

3. Naturrezeption im Bereich der Physik

Zusammenfassend lässt sich die Naturrezeption im Bereich der Physik folgendermaßen charakterisieren:

1. Für den Physiker gibt es eine objektive, d. h. eine vom einzelnen Individuum unabhängige Außenwelt, über die er mit Hilfe seiner Sinnesorgane – und deren Erweiterung durch Apparaturen und Messgeräte – Informationen gewinnen kann.

2. Anhand der gewonnenen Informationen werden Modellvorstellungen über die Außenwelt entwickelt. Diese Modellvorstellungen müssen so beschaffen sein, dass Aussagen, die daraus durch logische Schlussfolgerungen deduziert werden, nicht im Widerspruch zu den experimentell erhaltenen Ergebnissen stehen.

3. Diese Art der Naturbeschreibung erfordert die Festlegung eindeutig definierter, quantifizierbarer Merkmalsbegriffe, der so genannten physikalischen Größen. Die zwischen physikalischen Größen experimentell festgestellten Relationen lassen sich durch mathematische Gleichungen darstellen. Dadurch gelingt es, physikalische Modellvorstellungen über die Natur auf mathematische Strukturen abzubilden. Meist handelt es sich hierbei um Systeme partieller Differentialgleichungen. Aufgrund dieser Vorgehensweise ist es möglich, die zeitliche Entwicklung eines Systems in objektiver Weise, d. h. also unabhängig vom jeweiligen Individuum, zu beschreiben. Auf dieser Tatsache beruht die Exaktheit physikalischer Vorhersagen.

4. Ziel der physikalischen Naturrezeption ist es, möglichst viele Einzelphänomene im Rahmen einer mathematisch formulierten, einheitlichen Theorie zu beschreiben. Meilensteine auf diesem Wege sind:
Vereinheitlichung der magnetischen und elektrischen Wechselwirkung zur

elektromagnetischen Wechselwirkung durch Maxwell, und in jüngerer Zeit, Vereinheitlichung der elektromagnetischen, der schwachen und der starken Wechselwirkung durch S. L. Glashow, St. Weinberg und A. Salam zu einer einheitlichen Theorie der Wechselwirkungen. Lediglich die Gravitationswechselwirkung hat sich bislang diesen Vereinheitlichungstendenzen noch entzogen.

5. Im Bereich der Physik lässt sich eine makrokosmische, eine mesokosmische und eine mikrokosmische Naturrezeption unterscheiden:

- *Mesokosmische Naturrezeption*

Unsere Vorfahren haben – von einfachen Apparaturen abgesehen – ihre Erfahrungen nur über ihre Sinnesorgane gemacht. Demgemäß ist die evolutionäre Anpassung des menschlichen Erkenntnisapparates eng auf den Bereich der **„mittleren Dimensionen"**, d. h. auf den **Mesokosmos** begrenzt. Dies ist eine Welt der „alltäglichen Maßstäbe", d. h. eine Welt mittlerer Entfernungen und Zeitintervalle, kleiner Geschwindigkeiten und bescheidener Komplexität.

Die Naturrezeption im Mesokosmos umfasst im Wesentlichen das Naturbild der klassischen Physik, in dem die Naturerscheinungen und die Vorgänge in der Natur anschaulich in Raum und Zeit beschreibbar sind. Die Einteilung der klassischen Physik in Mechanik, Akustik, Optik, Thermodynamik und Elektrodynamik ist zum großen Teil den Sinneswahrnehmungen angepasst. Hier wird die Natur vorwiegend durch die (mathematisch formulierten) Beziehungen phänomenologischer Größen wie Druck, Temperatur, Kraftfelder usw. beschrieben. Die durch Kombination der klassischen Mechanik und der klassischen Elektrodynamik entstandene Physik des Mesokosmos, präsentiert uns ein mechanistisches Weltbild, in dem strenge Kausalität herrscht.

- *Mikrokosmische und Makrokosmische Naturrezeption*

Unser zunächst auf den Mesokosmos eingestellter Erkenntnisapparat kann aber mehr oder weniger gut darüber hinaus operieren. Mit Hilfe immer ausgeklügelterer Experimentier- und Messvorrichtungen ist es gelungen, den Bereich der mittleren Dimensionen, d. h. den Mesokosmos, zu verlassen und sowohl zu mikroskopischen (Entwicklung von Mikroskopen und Atomuhren) als auch zu makroskopischen (Entwicklung geostationärer und Satellitenteleskope) räumlichen und zeitlichen Dimensionen vorzustoßen. Die Überschreitung der Grenzen des Mesokosmos zieht aber meist den Verlust der unmittelbar konkreten Anschaulichkeit der Sachverhalte nach sich, nicht jedoch seine Verständlichkeit.

Das mechanistische Weltbild des Mesokosmos wurde durch ein von Relativitätstheorie und Quantentheorie bestimmtes Weltbild ersetzt, mit radikal anderen Vorstellungen

- über Raum und Zeit,
- über den mikroskopischen Aufbau der Materie im Kleinen (Mikrokosmos) und im Großen (Makrokosmos),
- über die Kausalität.

In der Relativitätstheorie wird der „absolute" Raum und die „absolute" Zeit durch eine vierdimensionale Raum-Zeit-Welt ersetzt. Für Geschwindigkeiten, die in der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit (Grenzgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8$ m/s) liegen, treten Phänomene auf, die von den Erfahrungen der klassischen Physik drastisch abweichen und sich der konventionellen Anschauung widersetzen, so z. B.:

- Relativität der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation (Uhren-, Zwillingsparadoxon), Längenkontraktion (Änderung der Länge bewegter Maßstäbe).
- Masse m und Energie E sind einander äquivalent ($E = m \cdot c^2$).
- Das Gravitationsfeld wird auf eine durch Masse bewirkte Krümmung des dreidimensionalen Raums zurückgeführt.
- Licht erfährt im Gravitationsfeld eine Ablenkung.

In der Quantentheorie gilt:

- Teilchen und Felder werden durch so genannte Quantenzahlen charakterisiert, welche nur diskrete Werte annehmen können.
- Die Messwerte physikalischer Größen unterliegen einer Wahrscheinlichkeitsverteilung (Erwartungswerte). Erst durch eine Messung wird ein konkreter Wert realisiert. Dies bedeutet, dass die klassische Trennung zwischen Beobachter und vermessenem Objekt – oder allgemeiner ausgedrückt – zwischen Teil und Ganzem nicht mehr uneingeschränkt gilt.
- Auf der Stufe der Quanten müssen die allgemeinsten physikalischen Eigenschaften eines Systems in Form komplementärer Paare von Variablen ausgedrückt werden, wobei jede von beiden nur auf Kosten eines entsprechenden Verlustes im Genauigkeitsgrad der anderen präzise bestimmt werden kann (Prinzip der Komplementarität von Bohr). Für solche Variablenpaare, wie z. B. Ort x und Impuls p (das ist im Wesentlichen die Geschwindigkeit eines Teilchens) gilt die Heisenbergsche Unschärferelation, nämlich:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h/2\pi,$$

d. h. das Produkt $\Delta x \cdot \Delta p$ der Unschärfen von Ort x und Impuls p ist stets größer oder gleich $h/2\pi$, wobei h das Plancksche Wirkungsquantum bedeutet.

- Teilchen und Welle sind einander komplementär, d. h. Quantenobjekte zeigen sowohl Teilchen als auch Welleneigenschaften.
- Die klassische Kausalität, d. h. die Ursache-Wirkung-Beziehung ist eingeschränkt.

So ungewohnt und unanschaulich Relativitätstheorie und Quantentheorie auch sein mögen, beide Theorien sind durch Meßergebnisse außerordentlich gut bestätigt.

Für die kognitive Erfassung der physikalischen Gesetze von Mikrokosmos und Makrokosmos sind die dem Menschen gewohnten Anschauungsformen unzulänglich. Zur Darstellung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten eignen sich (unanschauliche) mathematische Strukturen und die Symbole der Mathematik wesentlich besser als die natürliche Sprache. Heisenberg formuliert die Naturrezeption im Mikro- und im Makrokosmos folgendermaßen:

„Ob wir entfernte Sterne oder Elementarteilchen studieren - auf diesen neuen Gebieten endet die Kompetenz unserer Sprache, die Kompetenz unserer konventionellen Kategorien. Mathematik ist die einzige Sprache, die uns verbleibt. Ich persönlich halte es für falsch, zu sagen, die Elementarteilchen der Physik seien kleine Stückchen von Materie; ich ziehe es vor, zu sagen, sie seien Repräsentanten von Symmetriegesetzen. Je kleiner die Partikel werden, um so mehr bewegen wir uns in einer rein mathematischen Welt und nicht mehr in der Welt der Mechanik."

LITERATUR

DESSAUER, Friedrich: Naturwissenschaftliches Erkennen, Frankfurt, 1969, p. 15.

KLINGER, Walter: Die wissenschaftstheoretische Bedeutung der Analogiebildung, in: Kulturethologie, Liedtke, Max (Hg.), Realis Verlag, München, 1994, p. 151.

VOLLMER, Gerhard: Evolutionäre Erkenntnistheorie, S. Hierzel Verlag Stuttgart, 1983, p. 34.

WATZLAWICK, P: Die erfundene Wirklichkeit, München, 1981.

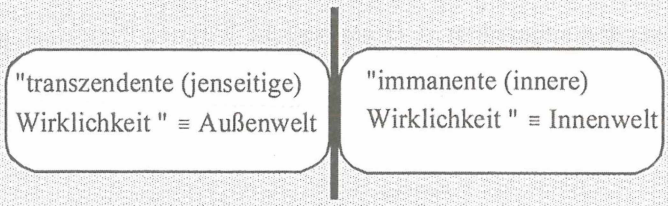
HERTZ, Heinrich: Die Prinzipien der Mechanik, 1894.

KLINGER, Walter: Die Rolle der Orientierung im Bereich der Physik; in: Orientierung, Liedtke, Max (Hg.), Graz, 2002, p. 160.

LÜSCHER, Edgar: Aspekte zur Didaktik der Physik; in: Wege in der Physikdidaktik, Schneider, W. (Hg.), Palm und Enke Verlag, Erlangen, 1989, p. 3.

POHL, Robert Wichard: Mechanik, Akustik und Wärmelehre, 13. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1955, p. 1.

Aus der Ordnung der Sinneserfahrung entwickelt sich eine "Seinsordnung". Es bildet sich eine Außenwelt:



Schnitt
zwischen Innen-und Außenwelt

Problem:

Wo soll der Schnitt zwischen Innen- und Außenwelt gemacht werden angesichts der Quantenmechanik?

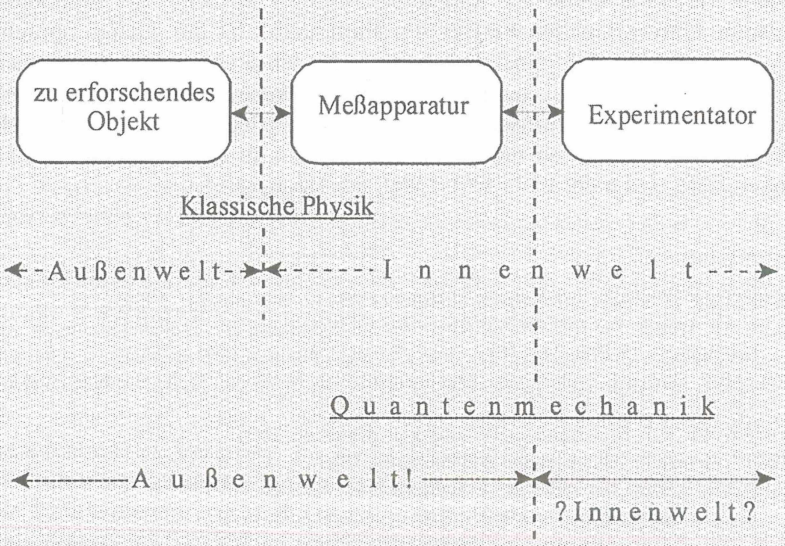


Abb. 1 : Zur Problematik des Schnittes zwischen Innen- und Außenwelt.

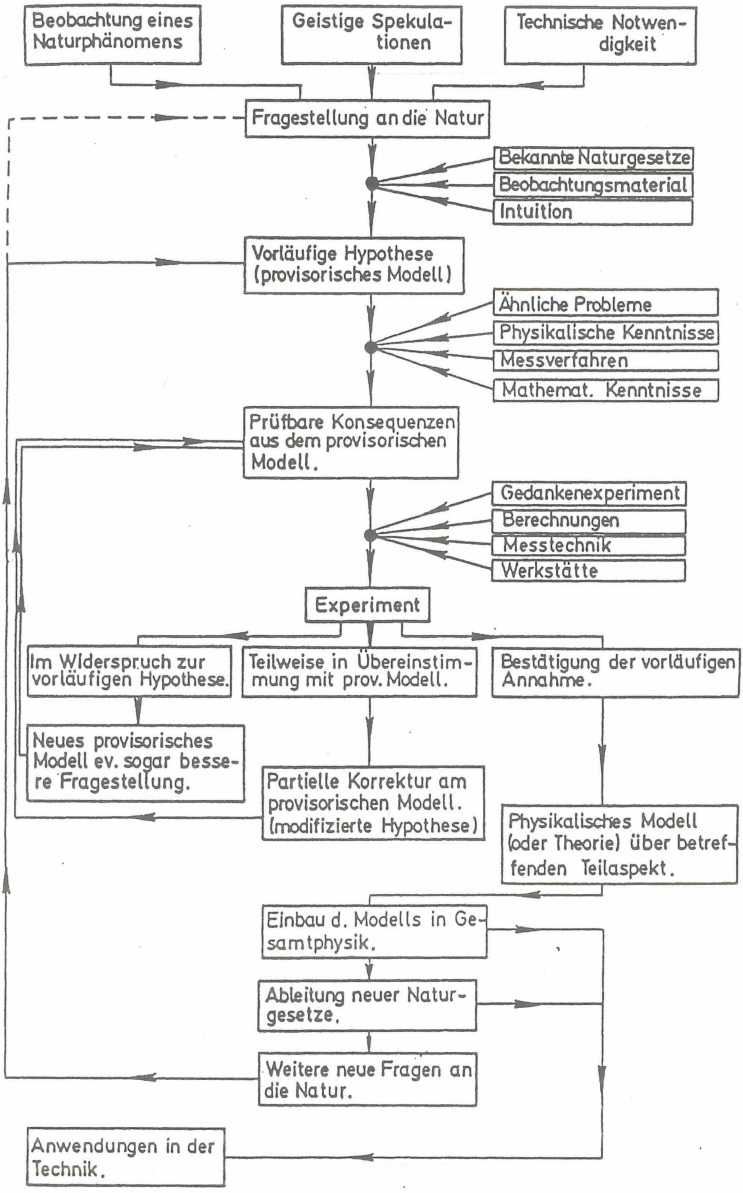


Abb. 2 : Idealtypisches Schema des Ablaufs in der physikalischen Forschung (Lüscher, E. 1989, p. 3).

Spiraltäuschung

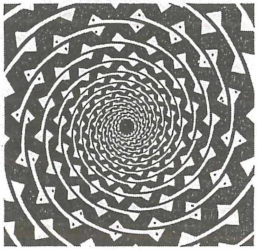


Abb. 3 a

Versuchsanordnung
zur Demonstration der
Farbtäuschung der farbigen Schatten

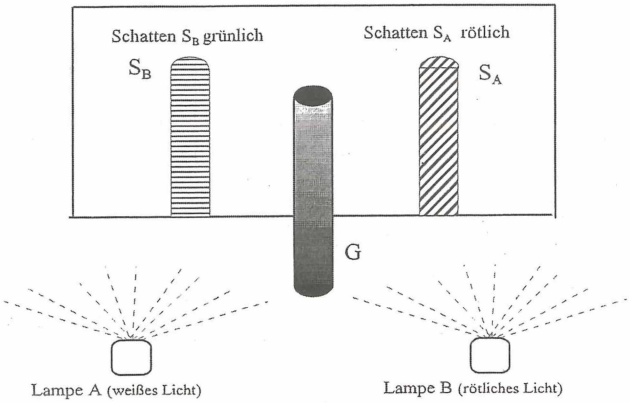


Abb. 3 b

Abb. 3: a) Die Spiraltäuschung als Beispiel einer Sinnestäuschung
Obwohl es sich hier um konzentrische Kreise handelt, nimmt diese das Auge als eine Spirale wahr (Pohl, R. W. 1955, p. 5).

b) Versuchsanordnung zur Demonstration der Farbtäuschung der farbigen Schatten: Der von der Lampe A mit weißem Licht und der Lampe B mit rötlichem Licht beleuchtete Gegenstand G wirft auf einem weißen Schirm die Schatten SA und SB. Der Schatten SA erscheint dem Betrachter auf dem weißen Schirm rötlich, der Schatten SB jedoch grünlich, obwohl nur mit weißem und rotem Licht beleuchtet wird.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 2003a

Autor(en)/Author(s): Klinger Walter

Artikel/Article: Naturwahrnehmung aus Sicht der Physik 21-36