
Vorwort zum Gesamtwerk

Die Natur auf Erden ist in ihrer Vielfalt und Schönheit ein großes Wunder, wer wird es leugnen? Erweitert man die Sicht auf den planetarischen, auf den galaktischen und auf den ganzen kosmischen Raum, drängt sich der Begriff eines überwältigenden und gleichzeitig geheimnisvollen Faszinosums auf. Wie konnte das Alles nur werden, wer hat das Werden veranlasst? – Es ist eine große geistige Leistung des Menschen, wie er die Natur im Kleinen und Großen in ihren vielen Einzelheiten inzwischen erforschen konnte. Dabei stößt er zunehmend an Grenzen des Erkennbaren/Erklärbaren. –

Es lohnt sich, in die Naturwissenschaften mit ihren Leitdisziplinen, Physik, Chemie und Biologie, einschließlich ihrer Anwendungsdisziplinen, einzudringen, in der Absicht, die Naturgesetze zu verstehen, die dem Werden und Wandel zugrunde lagen bzw. liegen: Wie ist die Materie aufgebaut, was ist Strahlung, woher bezieht die Sonne ihre Energie, wie ist die Formel $E = m \cdot c^2$ zu verstehen, welche Aussagen erschließen sich aus der Relativitäts- und Quantentheorie, wie funktioniert der genetische Code, wann und wie entwickelte sich der Mensch bis heute als letztes Glied der Homininen? Ist der Mensch, biologisch gesehen, eine mit Geist und Seele ausgestattete Sonderform im Tierreich oder doch mehr? Von göttlicher Einzigartigkeit? Hiermit stößt man die Tür auf, zur Seins- und Gottesfrage.

Für mich war das Motivation genug. Indem ich mich um eine Gesamtschau der Naturwissenschaften mühte, ging es mir um Erkenntnis, um Tiefe. Aber auch über die Dinge, die eher zum Alltag der heutigen Zivilisation gehören, wollte ich besser Bescheid wissen: Was versteht man eigentlich unter Energie, wie funktioniert eine Windkraftanlage, warum kann der Wirkungsgrad eines auf chemischer Verbrennung beruhenden Motors nicht viel mehr als 50 % erreichen, wie entsteht elektrischer Strom, wie lässt er sich speichern, wie sendet das Smart-Phone eine Mail, was ist ein Halbleiter, woraus bestehen Kunststoffe, was passiert beim Klonen, ist Gentechnik wirklich gefährlich? Wodurch entsteht eigentlich die CO₂-Emission, wie viel hat sich davon inzwischen in der Atmosphäre angereichert,

wieso verursacht CO₂ den Klimawandel, wie sieht es mit der Verfügbarkeit der noch vorhandenen Ressourcen aus, bei jenen der Energie und jenen der Industrirohstoffe? Wird alles reichen, wenn die Weltbevölkerung von zurzeit 7,5 Milliarden Bewohnern am Ende des Jahrhunderts auf 11 Milliarden angewachsen sein wird? Wird dann noch genügend Wasser und Nahrung zur Verfügung? Viele Fragen, ernste Fragen, Fragen ethischer Dimension.

Kurzum: Es waren zwei dominante Motive, warum ich mich dem Thema Naturwissenschaften gründlicher zugewandt habe, gründlicher als ich darin viele Jahrzehnte zuvor in der Schule unterwiesen worden war:

- Zum einen hoffte ich die in der Natur waltenden Zusammenhänge besser verstehen zu können und wagte den Versuch, von den Quarks und Leptonen über die rätselhafte, alles dominierende Dunkle Materie (von der man nicht weiß, was sie ist), zur Letztbegründung allen Seins vorzustoßen und
- zum anderen wollte ich die stark technologisch geprägten Entwicklungen in der heutigen Zeit sowie den zivilisatorischen Umgang mit ‚meinem‘ Heimatplaneten und die Folgen daraus besser beurteilen können.

Es liegt auf der Hand: Will man tiefer in die Geheimnisse der Natur, in ihre Gesetze, vordringen, ist es erforderlich, sich in die experimentellen Befunde und hypothetischen Modelle hinein zu denken. So gewinnt man die erforderlichen naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Erkenntnisse für ein vertieftes Weltverständnis. Dieses Ziel auf einer vergleichsweise einfachen theoretischen Grundlage zu erreichen, ist durchaus möglich. Mit dem vorliegenden Werk habe ich versucht, dazu den Weg zu ebnen. Man sollte sich darauf einlassen, man sollte es wagen! Wo der Text dem Leser (zunächst) zu schwierig ist, lese er über die Passage hinweg und studiere nur die Folgerungen. Wo es im Text tatsächlich spezieller wird, habe ich eine etwas geringere Schriftgröße gewählt, auch bei diversen Anmerkungen und Beispielen. Vielleicht sind es andererseits gerade diese Teile, die interessierte Schüler und Laien suchen. – Zentral sind die Abbildungen für die Vermittlung des Stoffes, sie wurden von mir überwiegend entworfen und gezeichnet. Sie sollten gemeinsam mit dem Text ‚gelesen‘ werden, sie tragen keine Unterschrift. – Die am Ende pro Kapitel aufgelistete Literatur verweist auf spezielle Quellen. Sie dient überwiegend dazu, auf weiterführendes Schrifttum hinzuweisen, zunächst meist auf Literatur allgemeinerer populärwissenschaftlicher Art, fortschreitend zu ausgewiesenen Lehr- und Fachbüchern. – Es ist bereichernd und spannend, neben viel Neuem in den Künsten und Geisteswissenschaften, an den Fortschritten auf dem dritten Areal menschlicher Kultur, den Naturwissenschaften, teilhaben zu können, wie sie in den Feuilletons der Zeitungen, in den Artikeln der Wissenszeitschrif-

ten und in Sachbüchern regelmäßig publiziert werden. So wird der Blick auf das Ganze erst vollständig.

Das Werk ist in fünf Bände gegliedert, die Zahl der Kapitel in diesen ist unterschiedlich:

- Band I: Geschichtliche Entwicklung, Grundbegriffe, Mathematik
 - 1. Naturwissenschaft – Von der Antike bis ins Anthropozän
 - 2. Grundbegriffe und Grundfakten
 - 3. Mathematik – Elementare Einführung
- Band II: Grundlagen der Mechanik einschl. solarer Astronomie und Thermodynamik
 - 1. Mechanik I: Grundlagen
 - 2. Mechanik II: Anwendungen einschl. Astronomie I
 - 3. Thermodynamik
- Band III: Grundlagen der Elektrizität, Strahlung und relativistischen Mechanik, einschließlich stellarer Astronomie und Kosmologie
 - 1. Elektrizität und Magnetismus – Elektromagnetische Wellen
 - 2. Strahlung I: Grundlagen
 - 3. Strahlung II: Anwendungen, einschl. Astronomie II
 - 4. Relativistische Mechanik, einschl. Kosmologie
- Band IV: Grundlagen der Atomistik, Quantenmechanik und Chemie**
 - 1. Atomistik – Quantenmechanik – Elementarteilchenphysik**
 - 2. Chemie**
- Band V: Grundlagen der Biologie im Kontext mit Evolution und Religion
 - 1. Biologie
 - 2. Religion und Naturwissenschaft

Abschließend sei noch angemerkt: Während sich der Inhalt des Bandes II, der mit Mechanik und Thermodynamik (Wärmelehre) für die Grundlagen der klassischen Technik steht und sich dem interessierten Leser eher erschließt, ist das beim Stoff der Bände III und IV nur noch bedingt der Fall. Das liegt nicht am Leser. Die Invarianz der Lichtgeschwindigkeit etwa und die hiermit verbundenen Folgerungen in der Relativitätstheorie, sind vom menschlichen Verstand nicht verstehbar, etwa die daraus folgende Konsequenz, dass die räumliche Ausdehnung, auch Zeit und Masse, von der relativen Geschwindigkeit zwischen den Bezugssystemen abhängig ist. Ähnlich schwierig ist die Massenanziehung und das hiermit verbundene gravitative Feld zu verstehen. Die Gravitation wird auf eine gekrümmte Raumzeit zurückgeführt. Der Feldbegriff ist insgesamt ein schwieriges Konzept. Dennoch, es muss alles seine Richtigkeit haben: Der Mond hält seinen Abstand zur Erde

und stürzt nicht auf sie ab, der drahtlose Anruf nach Australien gelingt, die Daten des GPS-Systems und die Anweisungen des Navigators sind exakt. Analog verhält es sich mit den Konzepten der Quantentheorie. Sie sind ebenfalls prinzipiell nicht verstehbar, etwa die Dualität der Strahlung, gar der Ansatz, dass auch alle Materie aus Teilchen besteht und zugleich als Welle gesehen werden kann. Genau betrachtet, ist sie weder Teilchen noch Welle, sie ist schlicht etwas anderes. Wie man sich die Elektronen im Umfeld des Atomkerns als Ladungsortbitale vorstellen soll, ist wiederum nicht möglich, weil unanschaulich und demgemäß unbegreiflich. Man hat es im Makro- und Mikrokosmos mit Dingen zu tun, die aus der vertrauten Welt heraus fallen, sie sind gänzlich verschieden von den Dingen der gängigen Erfahrung. Im Kleinen werden sie gar unbestimmt, für ihren jeweiligen Zustand lässt sich nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage machen. Für alle diese Verhaltensweisen ist unser Denk- und Sprachvermögen nicht konzipiert: In der Evolution haben sich Denken und Sprechen zur Bewältigung der täglichen Aufgaben entwickelt, für das vor Ort Erfahr- und Denkbare. Nur mit den Mitteln einer abgehobenen Kunstsprache, der Mathematik, sind die Konzepte der modernen Physik in Form abstrakter Modelle darstellbar. Unanschaulich bleiben sie dennoch, auch für jene Forscher, die mit ihnen arbeiten, in der Abstraktion werden sie ihnen vertraut. Damit stellt sich die Frage: Wie soll es möglich sein, solche Dinge dennoch verständlich (populärwissenschaftlich) darzustellen? Die Erfahrung zeigt, dass es möglich ist, auch ohne höhere Mathematik. Man muss mit modellmäßigen Annäherungen arbeiten. Dabei gelingt es, eine Ahnung davon zu entwickeln, wie alles im Großen und Kleinen funktioniert, nicht nur qualitativ, auch quantitativ. Man sollte vielleicht gelegentlich versuchen, die eine und andere Ableitung mit Stift und Papier nachzuvollziehen und mit Hilfe eines Taschenrechners das eine und andere Zahlenbeispiel nachzurechnen. – Themen, die noch ungelöst sind, wie etwa der Versuch, Relativitäts- und Quantentheorie in der Theorie der Quantengravitation zu vereinen, bleiben außen vor: Das Graviton wurde bislang nicht entdeckt, eine quantisierte Raum-Zeit ist ein inkonsistenter Ansatz. Nur was durch messende Beobachtung und Experiment verifiziert werden kann, hat Anspruch, als naturwissenschaftlich gesichert angesehen zu werden. – Der Inhalt des Bandes V ist dem Leser leichter zugänglich. Als erstes geht es um das Gebiet der Biologie. Ihre Fortschritte sind faszinierend und in Verbindung mit Genetik und Biomedizin für die Zukunft von großer Bedeutung – Die Evolutionstheorie ist inzwischen zweifelsfrei fundiert. Ihre Aussagen berühren das Selbstverständnis des Menschen, die Frage nach seiner Herkunft und seiner Bestimmung. Das befördert unvermeidlich einen Konflikt mit den Glaubenswirklichkeiten der Religionen. Denken und Glauben sind zwei unterschiedliche Kategorien des menschlichen Geistes. Indem dieser grundsätzliche Unterschied anerkannt wird, sollten sich alle Partner bei der

Suche nach der Wahrheit mit Respekt begegnen. Was ist wahr? Die Frage bleibt letztlich unbeantwortbar. Das ist des Menschen Los. Jedem stehen das Recht und die Freiheit zu, auf die Frage seine eigene Antwort zu finden.

Der Verfasser dankt dem Verlag Springer-Vieweg und allen Mitarbeitern im Lektorat, in der Setzerei, Druckerei und Binderei für ihr Engagement, insbesondere seinem Lektor Herrn Ralf Harms für seine Unterstützung.

Ottobrunn (München), Februar 2017

Christian Petersen

Vorwort zum vorliegenden Band IV

Das letzte Jahrzehnt des 19. und das erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts waren durch einen beispiellosen Aufschwung der Technik gekennzeichnet. Aufbauend auf Mechanik und Thermodynamik, auf Elektrizität und Magnetismus und auf der Chemie, brach mit der neuzeitlichen Schiffs-, Eisenbahn-, Fahrzeug- und Flugzeugindustrie, mit der Stark- und Schwachstromindustrie und der Petrochemie eine neue zivilisatorische Epoche an. Sie brachte der Menschheit Wohlfahrt hinsichtlich Ernährung und Gesundheit und bahnbrechende Fortschritte in ihrer Mobilität. Auf der anderen Seite verursachte sie in den folgenden Kriegen des Jahrhunderts Zerstörung und Vernichtung in einem bis dato nicht gekannten verheerenden Ausmaß.

Nach der Jahrhundertwende war man der Meinung gewesen, der Wissens- und Erkenntniskanon der Naturwissenschaften sei abgeschlossen. Welch' ein Irrtum. Jetzt ging es mit dem Ausbau der Atomistik und Quantentheorie erst richtig los. Erst jetzt begann man die atomare Struktur der Materie zu verstehen. Das Kap. 1 widmet sich diesen neuen Einsichten, also dem Aufbau der Atome, jener kleinsten Bausteine, aus denen sich die Stoffe auf molekulare Ebene in unterschiedlicher Zusammensetzung fügen. – Der Kern des Atoms ist von Elektronen umgeben, von einer elektrischen Ladungswolke, deren Ladung mit der Ladung im Kern i. Allg. im Gleichgewicht steht. Die ‚Wolke‘ wird zweckmäßig in Form des klassischen Schalenmodells abgebildet. Mit diesem Modell lassen sich die meisten Erscheinungen auf atomarer Ebene, auch in der Chemie, ausreichend genau erklären, auch die Strahlung als Photonenstrom. Dadurch ist es auch möglich, sich von der Technik der Röntgenstrahlen und Halbleiter, der Photovoltaik und Laserstrahlen, u.a. ein Bild zu machen. – Im Doppelspaltversuch wird die duale Natur des Lichts sichtbar, womit es gelingt, zum Konzept der Materiewelle vorzustoßen, also zum Kern der Quantentheorie, und damit zu Erscheinungen wie der Quantenverschränkung. Das sind eigentlich alles unbegreifliche experimentelle Resultate. Ein vertiefter Einstieg in die Quantenmechanik wäre an dieser Stelle notwendig, wegen der dazu erforderlichen ‚komplexen Mathematik‘ muss darauf hier verzichtet werden.

– Im Gegensatz zur ‚Quantenwelt‘ in der Atomhülle, ist der Aufbau des Atomkerns einfacher zu verstehen, letztlich auch wieder nur modellmäßig: Themen wie Bindungsenergie, Radioaktivität, Kernspaltung und Kernfusion lassen sich verstehen, ebenso Aufbau und Funktion von Atom- und Fusionskraftwerken. – Dass sich die Teile des Atomkerns, die Protonen und Neutronen, aus Quarks zusammensetzen, ist eine wohlbegründete Hypothese, auch wenn die Teilchen im Versuch bislang nicht bestätigt werden konnten. Neben den genannten gibt es eine große Zahl weiterer Elementarteilchen. Sie vermitteln unter anderem die Kräfte. Das Higgs-Teilchen vermittelt die Masse, so die Theorie. Man fasst die Teile im Standardmodell der Elementarteilchenphysik zusammen. Zu ihrer Erkundung bedarf es aufwändiger Geräte und Detektoren, ihr Prinzip wird am Ende des Kapitels vorgestellt. Erkennbar ist: Bevor alle Fragen geklärt sind, stößt die Physik an apparative Grenzen, viele werden wohl unbeantwortbar bleiben. Das gilt auch für die Klärung einer Reihe von Fragen im Übergang zur Astrophysik (Band III).

Im Gegensatz zu ehemals wird die Chemie heute aus der Atomistik heraus entwickelt und dadurch verständlich. Im Kap. 2 wird das deutlich, wenn die verschiedenen Arten einer chemischen Verbindung behandelt werden. – Aus dem Bereich der anorganischen Chemie wird die Speicherung elektrischer Energie in Batterien und Akkus diskutiert, anschließend die Stoffkunde mineralischer und metallischer Werkstoffe. – In der organischen Chemie spielen die Kohlenstoffverbindungen die zentrale Rolle, einschließlich jener mit eingebautem Wasserstoff und Sauerstoff. Sie bestimmen den Aufbau aller lebenden Substanz und demgemäß auch jener der aus Erdöl und Erdgas gewonnenen Produkte. Sie sind aus den massenhaft abgestorbenen Pflanzen und Tieren in frühen Zeiten der Erdgeschichte hervorgegangen. Aus ihnen wiederum werden von der Chemischen Industrie Brennstoffe, Kunststoffe und viele weitere Produkte, wie Kunstdünger, Pharmaartikel und Pestizide aller Art hergestellt. Nicht nur in der Technik, auch in der Chemie, spiegelt sich die doppelgesichtige Ambivalenz allen zivilisatorischen Tuns.

Der Einstieg in den Mikrokosmos mit Hilfe des Schalenmodells wird auf Kritik stoßen, ist das Modell doch noch sehr dem Denken der klassischen Physik verhaftet. Das Modell hat indessen den Vorteil, dass es der historischen Entwicklung folgt und ein gewisses Maß an Anschaulichkeit besitzt. Auf das erweiterte Bohr-Sommerfeld-Modell kann verzichtet werden, auf die vier Zustandsformen der Teilchen und das Pauli'sche Postulat hingegen nicht; auch nicht auf die Heisenberg'sche Unschärferelation und die Schrödinger-Gleichung. Ihre Lösung, die Wellenfunktion, kennzeichnet für ein spezielles Problem die wahrscheinliche Zustandsform eines oder mehrerer Teilchen.

In allen Fällen handelt es sich um Naturgesetze! Sie können nicht hinterfragt werden, sie lassen sich auch nicht ableiten. Sie gelten in der gesamten Natur des

Kosmos, in allem. Warum sie so sind, wie sie sind, auch die Größe der zugehörigen Konstanten, ist eine müßige Frage. Alles fügt sich zu einem großen stimmigen Gesamtwerk. In der Naturwissenschaft können die Phänomene durch Beobachten, Messen, Experimentieren aufgedeckt und fallweise für Nutzenwendungen, z. B. technische, aufbereitet werden, zur Kernfrage, ob den Naturgesetzen ein bewusster Schöpfungsakt zugrunde liegt oder nicht, kann die Naturwissenschaft keine Aussage machen. Das sind spannende Fragen, die im folgenden Band V aufgegriffen und vertieft werden.

Naturwissenschaften im Fokus IV

Grundlagen der Atomistik, Quantenmechanik und
Chemie

Petersen, C.

2017, XVI, 294 S. 181 Abb., 1 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-15301-4