

Otto Sager



# Physik in nullter Näherung

Wissen - Vermutung - Spekulation

Das Suchen nach Ordnung ist der Anfang der Wissenschaft

## Buch

Schon oft hat man das baldige Ende der Physik vorhergesagt, da schon alles bekannt sei. Auch heute sprechen namhafte Physiker von der ‚Theorie von allem‘, aus der dann alle Naturgesetze abgeleitet und alle Phänomene erklärt werden könnten. Doch Vieles, was heute der Allgemeinheit als ‚wissenschaftlich‘ vorgestellt wird, ist nichts anderes als Spekulation und entzieht sich einer experimentellen Überprüfung. Dies gilt sowohl für die Teilchenphysik als auch für die Kosmologie. Dabei aber hat man andere Naturgesetze, die unsere konkrete Umwelt bestimmen, ausser Acht gelassen. Viele Ordnungsphänomene entstehen nur durch das Zusammenwirken einer Vielzahl von Elementen. Dies ist die emergente Sicht der Physik, die im zweiten Teil des Buches beschrieben wird. Komplexe Vorgänge in der Natur sind noch wenig erforscht, und die Frage nach der Entstehung des Lebens bleibt unbeantwortet. Unser Wissen über die Natur steckt über weite Strecken immer noch in der nullten Näherung. **„Das Suchen nach Ordnung ist der Anfang der Wissenschaft“**, so lautet deshalb das Motto zu diesem Buch, und das Suchen und die Wissenschaft ist noch lange nicht am Ende.

## **Autor**

**Otto Sager;** Dr. sc. nat., geboren 1938 in Zürich, humanistisches Gymnasium in Einsiedeln, Studium der Physik an der ETH-Zürich. Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hochfrequenztechnik der ETH, später Ingenieur-Physiker in der Industrie. Weiterbildung in Betriebswirtschaft (Stanford University, USA). Leiter der Stabsabteilung Planung und Organisation in einem schweizerischen Industriekonzern. Seit 1992 selbstständig als Unternehmensberater und in der Management - Ausbildung tätig. Lebt heute in Zollikerberg bei Zürich im Ruhestand.

# Inhalt

Vorwort

## **Teil I Glaubenssätze und reduktionistische Sicht der Physik**

### 1 Die zentrale Bedeutung der Messapparatur

Ingenieur-Physiker  
Beispiele wichtiger Leistungen  
Die zentrale Bedeutung der Messapparatur  
Homo faber

### 2 WARUM und WIE?

Die Emanzipation der Physik  
Glaubenssätze in den verschiedenen Welten  
Die grossen Erhaltungssätze  
Komplexe Systeme

### 3 Griechische und babylonische Mathematik

Griechische Mathematik  
Der Seeweg nach Indien  
Mathematische Physiker

### 4 Fundamentale Naturkonstanten

Zwei fundamentale Gesetze  
Fundamentale Konstanten  
Masseinheiten und Eichnormale  
Wie konstant sind die Naturkonstanten?

### 5 Das Standardmodell der Elementarteilchen und Schrödingers Kätzchen

Morphologie  
Der Weg zum Standardmodell  
Die Geschichte von Schrödingers Kätzchen  
Die grossen Beschleuniger  
Die grosse vereinheitlichte Theorie

### 6 Die unverstandene Dunkle Energie

Der Nobelpreis für Physik 2011

Die Urknall-Hypothese  
Plausibilitäten  
A star is born?!  
Alternative Szenarien

## 7 Das Neutrino als Spielverderber

Natürliche Radioaktivität  
Die Crux mit den Erhaltungssätzen  
Speedy Gonzales  
Alternative Modelle  
Konstruierte Wirklichkeit

## 8 Der Weg der Physik

Vom Mythos zum Logos  
Vermeidung von Störeffekten  
Der Sieg der Mechanik  
Quantenfeldtheorie  
Der klassische Grenzfall  
Weltmodelle  
Logos oder Mythos?

# **Teil II Die Suche nach Ordnung in emergenten Systemen**

## 9 Kausalität und Lokalität

Paradoxie des Haufens  
Lokalisierung makroskopischer Gegenstände  
Experiment und Kausalität  
Quanteneffekte in der Newton-Welt  
Emergenz und Wechselwirkungen

## 10 Laughlins Neuerfindung der Physik

Auswirkungen von Erfindungen  
Das Zeitalter der Emergenz  
Neuinterpretation der Newton-Welt  
Ostwald-Boltzmann-Newton-Laughlin  
Metallische Leitfähigkeit  
Von der Newton-zur Einstein-Welt  
Der Hochmut der Physiker

## 11 Physik der Nichtgleichgewichte

Abgeschlossene und offene Systeme  
Deterministisches Chaos  
Komplexe Systeme

## 12 Komplexe Phänomene

- Was heisst hier ‚komplex‘?
- Zurück zum Sandhaufen
- Phasenübergänge
- Tierpopulationen
- Reaktions-Diffusions-Systeme
- Komplexe Quantensysteme

## 13 Wie entsteht Komplexität?

- Mathematische Modelle
- Potenzgesetze und Fraktale
- Logistische Gleichung und Apfelmännchen
- Zelluläre Automaten
- Das Spiel des Lebens
- Zurück zur Natur
- Die vierte Dimension des Lebens: Fraktale Struktur von Organismen

## 14 Vom Wert des Sammelns

- Kosmologie
- Chemie
- Biologie
- Pharmazie
- Voraussetzungen für den wissenschaftlichen Fortschritt
- Schönheit der Natur

## 15 Was weiss man von der Realität?

- Was ist Physik?
- Der wissenschaftliche Realismus
- Modellabhängiger Realismus
- Naturgesetze und Wirklichkeit
- Information und Wirklichkeit

## 16 Raum und Zeit – Raumzeit

- Wie viele Dimensionen hat unsere Welt?
- Newton und Leibniz
- Spezielle Relativitätstheorie
- Allgemeine Relativitätstheorie in nullter Näherung
- Zurück ins Raumland

## 17 Das menschliche Hirn als emergentes System

- Die Newton-Goethe-Debatte
- Wie ist es, ein Flughund zu sein?
- Hirnforschung und Philosophie
- Wie wirklich ist die Wirklichkeit?

Ordnung und Sinn

## Epilog

Wissen

Vermutung

Spekulation

Initium sapientiae timor Domini

## **Anhang**

Fundamentale Konstanten

Masseinheiten

Glossar/Stichwortverzeichnis

Personenverzeichnis

Literaturverzeichnis

## Die nullte Näherung



*Wenn einer, der mit Mühe kaum Gekrochen ist auf einen Baum,*



*Schon meint, dass er ein Vogel wär,*



*So irrt sich der.*

*(Wilhelm Busch)*

## Vorwort

Ist Physik eine exakte Wissenschaft, eine Wissenschaft, die ohne Glaubenssätze auskommt? – Sind die Aussagen der Physik objektiv? – Können die Erkenntnisse der Naturwissenschaften von unabhängigen Experten überprüft werden? – Glaubenssätze oder Dogmen gibt es in der Religion, wie das Beispiel in der römisch-katholischen Kirche zeigt. Wer nicht an sie glaubt, begeht eine schwere Sünde, und wer sie öffentlich in Zweifel zieht, der wird exkommuniziert. Physiker wie Galilei haben erkannt, dass einige Glaubenssätze nicht mit objektiven Beobachtungen übereinstimmen, und Galilei musste seine Aussagen widerrufen.

Nun gibt es nicht nur keine Religion, sondern auch keine Wissenschaft, die ohne Glaubenssätze – man könnte auch ‚Paradigmen‘ sagen – auskommt. So geht zum Beispiel die Betriebswirtschaftslehre vom Homo oeconomicus aus, von einem Menschen, der immer rational handelt und seinen Gewinn optimieren will. Physiker sind auch nur Menschen und die meisten von ihnen verhalten sich wie der Homo oeconomicus. Mit möglichst geringem Aufwand müssen möglichst viele Publikationen produziert werden, damit der Gewinn für die Karriere optimiert wird. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Geldgeber bei Laune gehalten werden können und das Geschäft mit der Physik immer weiter geht. Vielleicht darf man bei der Beurteilung dieser kommerziell betriebenen Art der Physik nicht so hart sein, wie der berühmte und wegen seiner streitsüchtigen Art gefürchtete Astronom und Morphologe Fritz Zwicky [44]. Er geht mit diesen Physikern scharf ins Gericht und überzieht sie mit Spott und Hohn.

Wie neuere Forschungen (zum Beispiel die Spieltheorie) zeigen, verhalten sich Menschen aber nicht immer rational, und es scheint, dass die Volks- und Betriebswirtschaftslehre langsam ihr altes Paradigma infrage stellt. Und die grossen Physiker, seien es Bohr, Einstein oder Feynman, haben sich auch nicht gewinnorientiert verhalten. Sie hatten durchaus einen spielerischen Zugang zu den Fragen der Physik; Wolfgang Rössler [30] vergleicht sie deshalb mit der Figur von Peter Pan, der nicht erwachsen werden wollte. Solche Physiker haben Glaubenssätze umgestossen, haben aber selbst neue Glaubenssätze aufgestellt.

Im weiten Gebiet der heutigen Physik gibt es drei Gruppen von Physikern, die ihrer Profession in unterschiedlicher Weise nachgehen. Eine erste Gruppe - dazu gehören die mathematischen Physiker und die Teilchenphysiker - geht davon aus, dass bald die Weltformel und eine Theorie von allem gefunden werden, womit dann das Ende der Physik als Wissenschaft erreicht wäre [14]. Eine zweite Gruppe - dazu gehören die Forscher, die auf dem Gebiet der Nanotechnologie oder auf dem Gebiet der komplexen Systeme arbeiten - versucht Phänomene zu erklären, wobei noch kein einheitliches Paradigma sie bei ihrer Arbeit anleitet. Eine dritte Gruppe - zu ihr gehören die Physiker, die neue Messinstrumente entwickeln, Experimentalphysiker an traditionellen Physikinstitutionen, aber auch die Lehrer, die Physik an junge Menschen vermitteln - geht von den klassischen Paradigmen und Axiomen der Physik aus, auf die sie sich verlassen können. Alle diese Gruppen haben ihre eigenen, unterschiedlichen Denkmuster, die sie in ihrem Handeln anleiten.

Paradigmen - wie T.S. Kuhn [20] sagt - haben in der Naturwissenschaft die gleiche Tendenz wie die Denkmuster in der Theologie und der Philosophie und sie führen zu ähnlichen Verhaltensweisen. Das Paradigma leitet die

Fachleute oder Wissenschaftler an, welche noch ungelösten Probleme mit welchen Methoden gelöst werden sollen, damit sie im Einklang mit dem Paradigma oder dem vorherrschenden Denkmuster stehen. Dabei darf das vorhandene Weltbild nicht infrage gestellt werden. Der Wert des Paradigmas liegt nicht so sehr in der Prognose; er liegt darin, dass die zu lösenden Probleme, die zu lösenden Rätsel, eingeschränkt werden und dass sich Regeln herausbilden, mit denen die Rätsel erfolgreicher gelöst werden können als mit anderen, konkurrierenden Methoden. Nebst Kuhn hat auch Popper Wesentliches zur wissenschaftlichen Forschung in der Physik ausgesagt. Danach sollen die Theoretiker Hypothesen entwickeln, die dann in Experimenten entweder verifiziert oder falsifiziert werden können [33]. Solange sie verifiziert sind, ist die These wertvoll; man ist aber nie sicher, ob sie eines Tages falsifiziert wird. Eine wissenschaftliche Theorie stellt demnach eine Vermutung dar, die zwar sinnvoll und nützlich sein kann. Wir wissen aber letztlich nicht, ob sie die volle Wahrheit enthält. Wenn man zusätzlich mathematische Modelle und eine Theorie von allem aufstellt, die in keiner Weise experimentell überprüft werden können, dann gerät man ins Gebiet der Spekulation. Daher der Untertitel: Wissen - Vermutung - Spekulation. Wenn man die vielen Thesen und Annahmen, die uns in den populärwissenschaftliche Bücher schmackhaft gemacht werden, kritisch betrachtet, so muss man sagen, dass sich die Physik in vielen Fällen erst in der nullten Näherung befindet. Die Aussage ‚nullte Näherung‘ beinhaltet zwar eine mathematische und physikalische Aussage, die später im Buch näher erläutert werden soll. Umgangssprachlich bedeutet ‚nullte Näherung‘ eher, man hat noch nicht alle Konsequenzen bedacht, oder man hat zwar eine Ahnung, weiss es aber nicht so genau. Auf solche Punkte will ich im ersten Teil dieses Buches hinweisen, wobei meine Aussagen ebenfalls in die Kategorie der nullten Näherung gehören.

Im zweiten Teil gehe ich der Frage nach ‚Wie entsteht Komplexität?‘ Das sich weit öffnende Forschungsgebiet der emergenten Systeme – auch hier befindet man sich in der nullten Näherung – ist für das menschliche Zusammenleben viel wichtiger als die Spekulationen über den Urknall und die erste Zeit des Universums. Man hat zwar die DNA entschlüsselt, trotzdem wissen wir nicht, wie Leben entstanden ist. Obwohl man durch die Hirnforschung viele Kenntnisse erlangt hat, wissen wir nicht, ob unser Hirn zu einer objektiven Erkenntnis der Umwelt fähig ist. Selbst mit allen Messinstrumenten können nur Ausschnitte aus der Realität wahrgenommen werden. Um die verwirrenden, komplexen Eindrücke, die von der Umwelt auf das Gehirn einwirken, sortieren und verarbeiten zu können, sucht der Mensch nach Ordnungssystemen und nach dem Sinn unserer Existenz. Aus dem Suchen nach Sinn sind Religionen und Philosophien entstanden; aus dem Suchen nach Ordnung entstanden die Wissenschaften.

Ich habe ein erstes Buch unter dem Titel ‚Werkzeuge und Denkzeuge‘ verfasst [31]. Darin wollte ich aufzeigen, dass sich die Wissenschaft immer in einem kulturellen und gesellschaftlichen Kontext entwickelt [34]. Viele neue Erkenntnisse konnten erst gewonnen werden, nachdem handwerkliche und technische Entwicklungen soweit waren, dass neue Mess- und Beobachtungsinstrumente gebaut werden konnten. Zwangsläufig ergaben sich auch einige erkenntnistheoretische Fragen, auf die ich hingewiesen habe. Ich habe dieses Buch meinen Freunden und Bekannten geschenkt und einige Exemplare an Fachleute und Professoren geschickt. Aus den Reaktionen habe ich bemerkt, dass zwar der Aspekt ‚Wissenschaftlicher Fortschritt aufgrund handwerklicher und technischer Entwicklungen‘ als interessant zur Kenntnis genommen wurde, dass aber jene Elemente im Buch, die an die Erkenntnistheorie grenzen, meine Freunde mehr

beschäftigten. Daraus habe ich die Anregung zu diesem Buch – eigentlich ein Nachfolger – genommen.

Beim Schreiben habe ich mir vorgestellt, dass ich Kollegen mit den unterschiedlichsten beruflichen Erfahrungen eine lockere Einführung in ein Thema aus der Physik geben müsste, welches dann aus den verschiedenen Blickwinkeln der Teilnehmer diskutiert werden würde. Das Buch ist deshalb kein wissenschaftliches Buch und schon gar nicht ein Lehrbuch. Die einzelnen Kapitel sind unabhängig voneinander und sie sollten nach meiner Vorstellung Ausgangspunkt für eine Causerie sein. Um die Diskussion anzuregen, habe ich nebst einigen bissigen oder ironischen Seitenhieben auch einige Geschichten und humoristische Bemerkungen eingeflochten, wie zum Beispiel die Geschichte von Schrödingers Kätzchen. Da diese Diskussionen aber in der Realität nie stattgefunden hat, hoffe ich, dass dafür die Leserinnen und Leser sich ihre eigenen Gedanken, Ergänzungen machen, Gegenpositionen beziehen und ihre Kritik anbringen. Vor allem aber sollen sie viel Vergnügen beim Lesen haben.

Zollikerberg, im März 2014    Otto Sager  
([osager@hispeed.ch](mailto:osager@hispeed.ch))

# **Teil I: Glaubenssätze und reduktionistische Sicht der Physik**

# 1

## **Die zentrale Bedeutung der Messapparatur**

***„Sag' mir, wo die Blumen sind! - Wo sind sie geblieben?“***

***(Pete Seeger/Marlene Dietrich)***

Als ich im Wintersemester 1959 mein Physikstudium an der ETH begann, da hatten sich über 100 Studenten an der Abteilung für Mathematik und Physik frisch eingeschrieben. Physik war nicht nur wegen der Kultfigur Einstein in Mode. 1945 hatten Shockley, Bardeen und Brattain den ersten funktionierenden Bipolar-Transistor entwickelt und Raumfahrt, Kernphysik, Reaktortechnik waren attraktive Arbeitsfelder. Als dann in Zürich die Uraufführung von Friedrich Dürrenmatts ‚Physiker‘ stattfand [4], erlebte die Euphorie für die Physik ihren Höhepunkt.

Wegen des hohen Andrangs an Studenten musste auch der Lehrkörper kräftig ausgebaut werden. Gab es bisher theoretische Physik und Experimentalphysik, gab es neu Professoren für Festkörperphysik, Kernphysik, Hochenergiephysik, Tieftemperaturphysik. Zusätzlich gab es eine Anzahl Assistenzprofessoren, welche die ordentlichen Professoren von der Pflicht zum Halten von Vorlesungen weitgehend entlasteten. Heute, aus einiger Distanz, kann man sich fragen, wo all die frisch ausgebildeten Physiker geblieben sind. Nachdem die Hochschulstellen besetzt waren, gingen einige zum CERN oder in die Forschungsanstalten der Grossindustrie: Bell Labs, IBM, Philips und in das neu aufgebaute Forschungszentrum der Brown Boveri AG (BBC).<sup>1</sup> Die übrigen konnten in der Grundlagenforschung nicht mittun. Sie verdienten ihren

Lebensunterhalt als Lehrer in den Gymnasien und technischen Hochschulen, die damals noch als ‚Technikum‘ bezeichnet wurden. Wieder andere arbeiteten in der Industrie: Hier ging es dann um Anwendungen der Physik im Apparatebau und in der Messtechnik. Weiter weg vom Fachgebiet arbeiteten ausgebildete Physiker als Informatiker. Auch die Branche der Unternehmensberater wie McKinsey und Boston Consulting Group stellte gerne Physiker ein, da man von ihnen erwartete, dass sie aufgrund ihres analytischen Denkvermögens rasch die Ursachen von Problemen in Unternehmen herausfinden könnten.<sup>2</sup>

### Ingenieur-Physiker

Praktisch alle Physiker, die in der Industrie arbeiten, sind Ingenieur-Physiker. Dies habe ich selber rasch erfahren, als ich bei der Firma Balzers AG im Fürstentum Liechtenstein eine Stelle im Physiklabor annahm. Ich war ein Spezialist für Gasentladungen und mein Fachgebiet waren Niederdruckplasmen. Ein älterer Kollege sagte mir schon nach wenigen Arbeitstagen: „Es ist schon gut, wenn du viel von Plasmaphysik verstehst, aber eigentlich interessiert das hier niemanden. Du musst Sputtering-Anlagen bauen und diese müssen tadellos funktionieren!“ Sputtering oder Kathodenzerstäubung ist eine Methode zur Herstellung dünner Schichten, die man in der Optik und vor allem in der Halbleiterelektronik braucht. Bei Balzers war man damals noch ganz auf die Aufdampftechnik im Hochvakuum eingeschworen und Sputtering galt als eine etwas minderwertige Technologie. Ich wurde deshalb mit meinen beiden Laboranten – Zwicky hätte sie sicher als Genies bezeichnet, wenn er sie gekannt hätte – ziemlich allein gelassen, sollte mich aber gegen die konkurrierenden Firmen aus den USA behaupten, wo Sputtering bereits zu einem Standard wurde. Da war Ingenieurkunst mehr gefragt als Physik. Nebst dem klassischen Zerstäuben gelang uns dann die Entwicklung eines Plasmareaktors, den die

Konkurrenz nicht kannte. Eine kurze Beschreibung befindet sich in meinem Buch [31]. Nach einiger Zeit habe ich dann das Labor verlassen und kam ins Management. Zu guter Letzt endete ich als selbstständiger Unternehmensberater. Nun - im Alter - ist es mir wieder vergönnt, mich mit physikalischen Fragestellungen auseinander zusetzen, wobei ich aber nicht den Status eines Experten beanspruche.

### Beispiele wichtiger Leistungen

Wie aus der Bezeichnung ‚Ingenieur-Physiker‘ hervorgeht, sind Ingenieur-Physiker nicht nur studierte Physiker, sondern auch Ingenieure, die beim Bau von physikalischen Anlagen, Messgeräten und Experimenten mitwirken. Die zu lösenden Probleme sind zwar physikalisch anspruchsvoll, die Realisation hängt aber vorwiegend von der Ingenieurkunst der Beteiligten ab. Die moderne medizinische Analytik basiert weitgehend auf Apparaten, die von Ingenieur-Physiker entwickelt wurden: Computertomografen, Magnetresonanzinstrumente, Ultraschallgeräte, Szintigramm-Instrumente usw. Im Rahmen dieses Buches sind auch die Geräte zu nennen, welche bei der physikalischen Mess- und Beobachtungstechnik eingesetzt werden: Teleskope, Satelliten, Massenspektrometer, der riesige Large Hadron Collider am CERN oder das von Rohrer und Binnig entwickelte Raster-Tunnelmikroskop, mit dem die Nanotechnologie erschlossen wurde [23]. Das Raster-Tunnelmikroskop wie auch das Raster-Kraftmikroskop sind vor allem Ingenieurleistungen. Das beginnt mit dem Bau der Sonde, dann mit der Verstärkung der Signale und zuletzt mit der Computerauswertung und der Farbgebung, wodurch der Eindruck entsteht, man sehe die Atome auf der Oberfläche eines Festkörpers.

### Die zentrale Bedeutung der Messapparatur

Physik geht von mess- oder beobachtbaren Phänomenen aus, die dann in der Sprache der Mathematik beschrieben werden. Praxis (oder Experiment) und Theorie gehen so Hand in Hand. Dies mag in den Augen gewisser Theoretiker vielleicht ein veraltetes Physikverständnis sein, aber für mich ist Physik immer noch eine Naturwissenschaft. Um richtige Physik zu machen, braucht es deshalb Messapparaturen, die von Ingenieur-Physiker gebaut werden. Ich habe versucht, diese zentrale Bedeutung der Messapparaturen in einem Bild festzuhalten und habe die Gebiete, in denen sie zum Einsatz kommen, etwas grossspurig ‚Welten‘ genannt [31]. Nur über die Messapparaturen erhalten wir Informationen über die Natur, und nur aufgrund dieser Informationen kann man eine Aussage über die Natur machen.

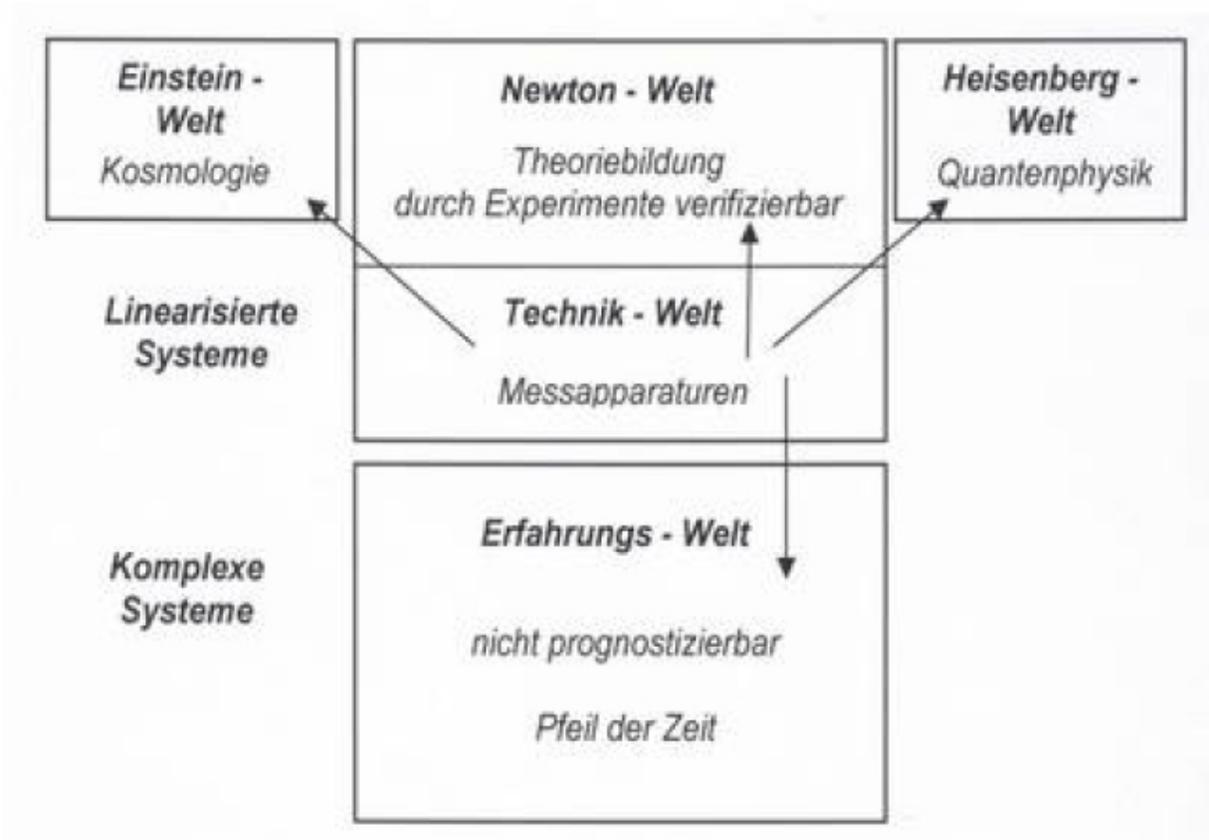


Abb. 1: Linearisierte und komplexe Systeme in Physik, Technik und im Alltag.

Im Folgenden sollen die Rollen der Messapparaturen in den verschiedenen Welten erläutert werden.

### 1) Newton-Welt

Der Begriff ‚Newton-Welt‘ soll hier für jene Gebiete der Physik und der Technik gelten, bei denen theoretische Aussagen durch Experimente überprüft werden können, wobei objektive Messungen möglich sind. Hier kann und darf man zwischen Subjekt und Objekt unterscheiden und die Eigenschaften der Messapparatur gehen nicht in die Messung ein. Die Newton-Welt basiert auf der Welt der Technik, und die Welt der Technik geht von den physikalischen Gesetzen der Newton-Welt aus und baut mit diesen Erkenntnissen Messgeräte und Apparaturen. Diese werden einerseits bei Experimenten eingesetzt, andererseits finden sie auch Anwendung bei vielen Gebrauchsgegenständen der Erfahrungs- oder Alltagswelt. Zur Newton-Welt gehören auch Halbleiter und Computer, obwohl man zum Beispiel zur Erklärung des Bändermodells die bildhafte Quantenphysik benötigt. Wie steht es mit der Speziellen Relativitätstheorie? Gibt es für ihre Richtigkeit Beweise? – Sicher kann man sagen, dass die Spezielle Relativitätstheorie durch viele Experimente verifiziert werden konnte. Auch beim Bau der grossen Beschleuniger im CERN musste sie beachtet werden. So gesehen gehört die Spezielle Relativitätstheorie zur Newton-Welt, auch wenn sie von Einstein stammt.

Die theoretische Physik der Newton-Welt umfasst die Elektrodynamik, die Thermodynamik und die klassische Mechanik, in der das Coulombsche Gesetz und das Newtonsche Gravitationsgesetz gelten. Es gilt das Relativitätsprinzip bezüglich bewegter Systeme – Lorentz- und im Grenzfall Galileitransformation – und die zur Festkörperphysik gehörenden theoretischen Ansätze. Die Theorien (Maxwell-Gleichungen, Newtonsche Axiome) sind

in der Sprache der Mathematik formuliert und axiomatisch aufgebaut. Bei gezielt durchgeführten Experimenten versuchen die Physiker, die durch die Theorie vorausgesagten Verhaltensweisen der Natur durch Messungen zu bestätigen oder allenfalls zu widerlegen.

## 2) Experimente in der Heisenberg-Welt

Heisenberg ist zwar wegen seiner Unbestimmtheitsrelation und seinen weiteren Beiträge zur Quantenphysik berühmt. Er hat aber nicht nur Diskussionen und Publikationen mit theoretischen Physikern geführt; er hat speziell in seinen Erinnerungen die neuen Erkenntnisse auch einem breiteren Publikum erläutert und verständlich gemacht [16]. In der Heisenberg-Welt ist die strenge Trennung zwischen dem zu untersuchenden Objekt und dem die Untersuchung durchführenden Subjekt nicht mehr möglich. Dies zeigt das Doppelspaltexperiment sehr schön. Je nach Aufbau der Apparatur erhält man ein anderes Ergebnis. Hier drei Aussagen, die von Heisenberg stammen:

- *„Wir müssen uns daran erinnern, dass das, was wir beobachten, nicht die Natur selbst ist, sondern Natur, die unserer Art der Fragestellung ausgesetzt ist.“*
- *„Die theoretische Deutung eines Experiments erfordert drei deutlich unterschiedliche Schritte. Im ersten wird die experimentelle Ausgangssituation in eine Wahrscheinlichkeitsfunktion übersetzt. Im zweiten wird diese Funktion rechnerisch im Lauf der Zeit verfolgt. Im dritten wird eine neue Messung am System vorgenommen, deren zu erwartendes Ergebnis dann aus der Wahrscheinlichkeitsfunktion berechnet werden kann. Es ist unmöglich anzugeben, was mit dem System zwischen der Anfangsbeobachtung und der nächsten Messung geschieht. Nur im dritten Schritt kann wieder der Schritt vom Möglichen zum Faktischen vollzogen werden.“*

- *„Das beobachtende System muss keineswegs ein menschlicher Beobachter sein; an seine Stelle können auch Apparate wie fotografische Platten usw. gesetzt werden.“*

Dazu noch eine Ergänzung von Pauli:

- *„Hat der physikalische Beobachter einmal seine Versuchsanordnung gewählt, so hat er keinen Einfluss mehr auf das Resultat der Messung, das objektiv registriert allgemein zugänglich vorliegt. Subjektive Eigenschaften des Beobachters oder sein psychischer Zustand gehen in die Naturgesetze der Quantenmechanik ebenso wenig ein wie in die klassische Physik.“ [33]*

Die Apparatur oder Messeinrichtung selbst ist immer ein Teil der Newton-Welt. Die Apparatur verwandelt ein Quantensignal in ein klassisches Signal, das als Spur eines Teilchens in der Nebelkammer nachgewiesen oder mit Zählern oder mit Computern registriert werden kann; das zur Heisenberg-Welt gehörende Teilchen können wir nicht direkt sehen! Wenn ein Ereignis aus der Quantenwelt in einem Geigerzähler einen Stromimpuls auslöst, so kann dieser durch Verstärkung zu einem Klicken in einem Lautsprecher führen, das alle in einem Raum befindlichen Leute hören können. Wir befinden uns dann nicht nur in der Newton-, sondern auch in der Erfahrungs-Welt.

### 3) Einstein-Welt

Die Allgemeine Relativitätstheorie befasst sich mit den kosmologischen Vorgängen. In der Einstein-Welt, wie sie in diesem Buch verstanden werden soll, können praktisch keine Experimente gezielt durchgeführt werden. Die Messapparaturen sind Beobachtungsinstrumente. Bekannt sind die Teleskope, mit denen ein Blick in die Vergangenheit

des Universums möglich ist. Aus den gemachten Beobachtungen kann man überprüfen, ob die gemessenen Werte der Allgemeinen Relativitätstheorie widersprechen oder nicht.

#### 4) Erfahrungs-Welt

In der Erfahrungs-Welt haben die Messapparaturen nochmals eine andere Aufgabe. Mit ihnen misst man einen Ist-Zustand, zum Beispiel die Temperatur oder den Druck. Aus den dadurch gewonnenen Informationen versucht man Schlussfolgerungen zu ziehen. In der Medizin helfen die Informationen bei der Diagnose von Krankheiten; in der Meteorologie versucht man die Wetterentwicklung vorherzusagen.

#### Homo faber

Eingangs habe ich von den grossen Leistungen der Ingenieur-Physiker beim Bau von Apparaturen für die moderne Medizin, beim Bau von Beschleunigern, beim Bau von Messapparaturen und Aufbau von Experimenten berichtet. Nicht erwähnt habe ich die grosse Schar derjenigen, die in der Raumfahrt und der Rüstungsindustrie arbeiten oder arbeiteten. Bei der Mondlandung in den 60er Jahren und beim Star War Projekt von Präsident Reagan waren Ingenieur-Physiker beschäftigt. Auch bei der Entwicklung der Atombomben in den vielen Staaten, die heute Atomwaffen besitzen, waren sie massgeblich mitbeteiligt. Eine Wertung vorzunehmen ist schwierig; dies muss jeder Einzelne tun. Dies gilt insbesondere für die Politiker, die dafür zuvorderst in der Verantwortung stehen. Ich kehre deshalb lieber zum Lied von Marlene Dietrich zurück.

*„Sag' mir, wo die Blumen sind! – Wo sind sie geblieben?*

*Sag mir, wo die Blumen sind! – Was ist geschehn?*

*Sag mir, wo die Blumen sind! – Mädchen pflückten sie geschwind.*

*Wann wird man je verstehn? – Man wird es nie verstehn!“*

---

1 Später fusionierte BBC mit Asea zur heutigen ABB

2 Mein Chef bei der Firma Balzers AG für Hochvakuumtechnik und Dünne Schichten, selbst ein Physiker, mokierte sich gerne darüber. Er sagte jeweils: „Die wollen mit ihrem Physikerverstand alles verstehen, auch das, was sie wirklich nicht verstehen!“

## 2

### WARUM und WIE?

***Wissen ist gescheit; Glauben ist dumm.***

***(J. N. Nestroy)***

#### Die Emanzipation der Physik

„*Warum gibt es alles und nicht nichts?*“ ist ein Bestseller von R.D. Precht [26]. Dies ist nicht nur eine der ältesten Fragen der Philosophie; es ist eine Frage, die immer wieder gestellt wird. Warum-Fragen sind Fragen nach dem Sinn; und darauf gibt es keine endgültige Antwort. Eine andere philosophische Frage ist die nach dem Sein. „Sein oder nicht Sein?“ ist die berühmte Frage, die sich Hamlet stellt und Shakespeares gibt darauf keine klare Antwort.

In der Scholastik des Thomas von Aquin spielt der Seinsbegriff eine zentrale Rolle, wobei daraus die Axiome dieser philosophischen Schule resultierten<sup>3</sup>. Allerdings reduziert sich dieser philosophische Ansatz im Kern auf die aristotelische Logik:

- Satz vom Widerspruch: Eine Aussage kann nicht ‚wahr‘ und gleichzeitig ‚falsch‘ sein (A ist nicht gleich Nicht-A).
- Satz vom ausgeschlossenen Dritten: Zwischen einer wahren und einer falschen Aussage gibt es kein Drittes (tertium non datur).

Zusätzlich gilt das Kausalitätsprinzip:

- Alles, was geschieht, hat seinen hinreichenden Grund.