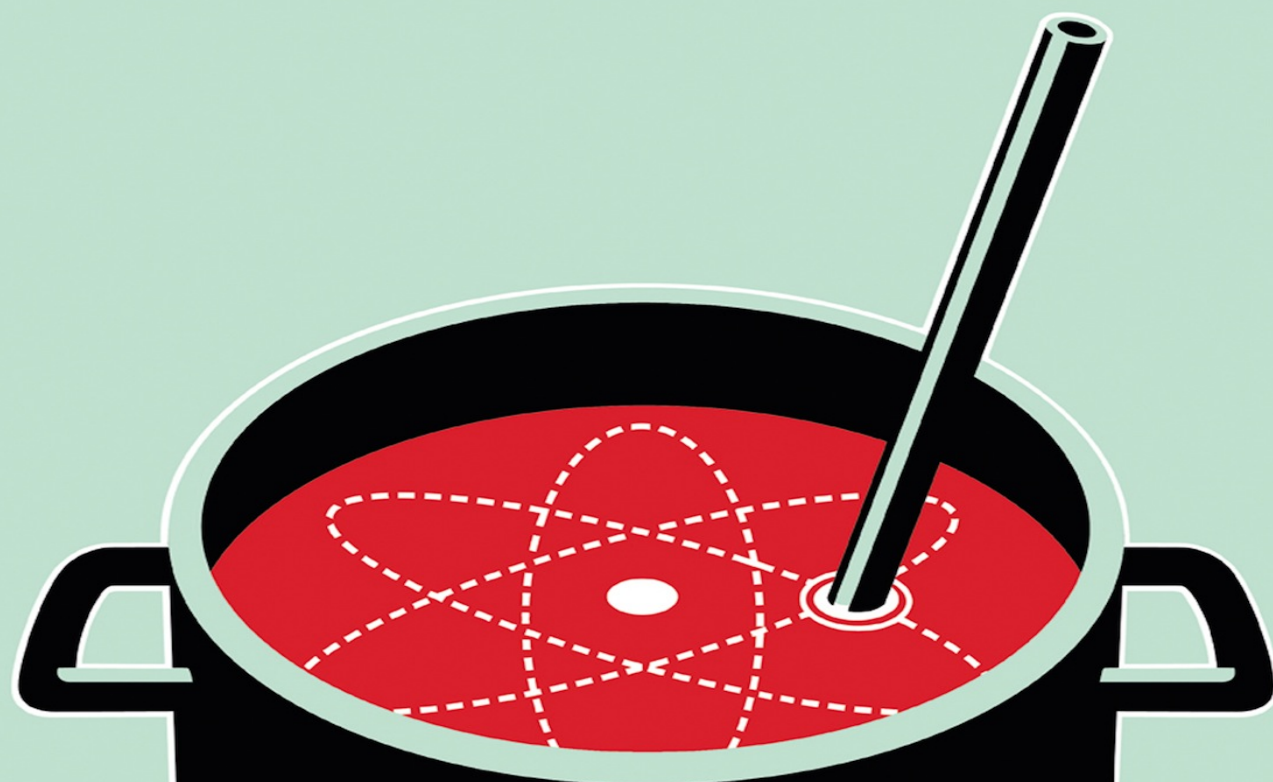


Rolf Heilmann
Auch Physiker
kochen *nur*
mit Wasser

Wo die Wissenschaft an ihre
Grenzen gerät



EINE ENTDECKUNGSREISE

HERBIG

Rolf Heilmann

Auch Physiker kochen *nur* *mit Wasser*

Wo die Wissenschaft an ihre
Grenzen gerät

EINE ENTDECKUNGSREISE

HERBiG

Bildnachweis

Die Abbildungen stammen vom Autor. Abbildung 3 wurde unter Verwendung eines lizenzfreien Fotos der NASA erstellt.

Besuchen Sie uns im Internet unter

www.herbig-verlag.de

© für die Originalausgabe und das eBook: 2015 F. A. Herbig

Verlagsbuchhandlung

GmbH, München

Alle Rechte vorbehalten

Schutzumschlag: Wolfgang Heinzel

Umschlagmotiv: grafikcafé Jürgen Gawron, München

eBook-Produktion: VerlagsService Dietmar Schmitz GmbH, Heimstetten

ISBN 978-3-7766-8208-3

Für Kristina, die Gefährtin

Inhalt

Vorwort – Wunder gibt es immer wieder

Und sie bewegt sich doch! - Das Wunder der Erkenntnis

Nüchternheit und die wunderbare Erde

Sitzen wir alle auf einem riesigen Kreisel?

Maß für Maß - Das Wunder des Experiments

Maß und Zahl

Messen, was messbar ist

Ordnung muss sein - Das Wunder der Naturgesetze

Gibt es überhaupt einfache Erklärungen?

Hat Gott einen Plan?

Natur und Technik

Der Mond, die Sonne und die Planeten

Eine Göttin stellt sich quer

Der Verlust der Mitte

Die Kraft und die Herrlichkeit - Das Wunder der Theorie

Das Universum und wir

Kräfte in leeren Räumen

Was haben Äpfel und Monde gemeinsam?
Ein Gesetz für das Universum
Knallt der Mond auf die Erde?
Von Schwerelosigkeit und Theorie
Die Unbegreiflichkeit der großen Theorien

Vom Himmel durch die Welt zur Hölle - Das Wunder der Energie

Der Treibstoff aus dem Nichts
Woher wissen wir, dass es Atome gibt?
Was hat kalter Kaffee mit dem Universum zu tun?
Schier unbegreifliche Bilder

Was die Welt im Innersten zusammenhält - Das Wunder der Kräfte

Gewimmel im Festen
Die unheimliche Kraft
Farbladungen und andere Abstrakta

Gegen den Strom - Das Wunder der Begriffe

Fluss ohne Wiederkehr
Quantisierung als Normalzustand
Die Fähigkeit zur Stromleitung
Extreme Verhältnisse in einfachen Drähten
Warum keinen Kaffee in Metallbechern?
Blitze als Himmelsmacht

Magie und Magnetismus - Das Wunder der Vorhersagbarkeit

Ein halber Magnet für den Nobelpreis

Strom, Magnetismus und Pfeile

Magnete und Atome

Unmengen an Strom

Wunderwellen

Unfassbar! - Das Wunder des Lichts

Dunkelheit im Licht

Licht-Bilder

Das Unvorstellbare

Der würfelnde Gott

Gibt es die Ewigkeit?

Wem nützt es?

Quantensprünge - Das Wunder des Unsinnns

Die Grenzen unserer Vorstellung

Unschärfe und die Grenze unserer Begriffe

Das Ende der Welt

Teilchen gehen durch Wände

Der Stoff, aus dem die Träume sind - Das Wunder der Strukturen

Die Magie der Kristalle

Kristallisation gegen Organisation

Selbstorganisation

Emergenz oder: Warum sind die Dinge anders als ihre Bestandteile?

Alles aus nichts?

Voll abgehoben - Das Wunder der Übersinnlichkeit

Der Mensch – das Maß aller Dinge?

Künstliche Sinne

Künstliche Bilder

Von der Faszination zum anonymen Gigantismus

Völker, hört die Signale! - Das Wunder der Information

Wann werden aus Daten Informationen?

Wege ins Komplizierte und Ungewisse: Jede Menge Platz für Wunder?

It from bit

Die Mauer muss weg! - Das Wunder von Zeit und Raum

Was ist Zeit?

Auf der Insel der Seligen

Der Anfang aller Dinge – und die Mauern drum herum

Sind Zeit und Raum gar nicht fundamental?

Denn sie wissen nicht, was sie tun - Das Wunder der Entdeckungen

Wo bleiben die großen Ideen?

Große und kleine Ideen

Die Nachtseite der Wissenschaft

Revolutionen, die niemand bemerkt

Das Wunder der Überraschung

Naht das Ende der Theorie?

Ende der Wunder, Ende der Menschheit?

Danksagung

Quellenangaben

Bücher

Artikel

Internetadressen

Register

Sachverzeichnis

Personenverzeichnis

»Das Schönste und Tiefste, was der Mensch erleben kann, ist das Gefühl des Geheimnisvollen. Es liegt der Religion sowie allem tieferen Streben in Kunst und Wissenschaft zugrunde. Wer dies nicht erlebt hat, erscheint mir, wenn nicht wie ein Toter, so doch wie ein Blinder.« *Albert Einstein*

»Wir müssen nicht glauben, dass alle Wunder der Natur nur in anderen Ländern und Weltteilen seien. Sie sind überall. Aber diejenigen, die uns umgeben, achten wir nicht, weil wir sie von Kindheit an täglich sehen.« *Johann Peter Hebel*

»Ein Wunder wäre es zum Beispiel, wenn der Stein, den ich loslasse, in die Höhe schwebte. Und dass er zur Erde fällt, ist keines?« *Alfred Polgar*

»Wer nicht an Wunder glaubt, ist kein Realist.« *David Ben-Gurion*

Vorwort – Wunder gibt es immer wieder

Wird die Wissenschaft irgendwann alles erklären können? Es scheint so zu sein. Schauen wir auf die Geistesgeschichte, so wurde das einst Dunkle, Spukhafte, Unerklärliche nach und nach durch die Naturwissenschaft aufgeklärt. Heute wird mehr geforscht denn je. Wenn etwas unverstanden ist, dann ist es offenbar nur eine Frage der Zeit, bis das Problem gelöst sein wird. Gibt es also bald prinzipiell nichts mehr, worüber wir ungläubig staunen können?

Ich kann Sie beruhigen: Physiker, die ja die Welt in ihren Grundstrukturen verstehen wollen, können zwar tolle Theorien aufbauen. Doch viele einfache Fragen können sie gar nicht beantworten. Ein Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie wären Kandidat bei »Wer wird Millionär«, und Günther Jauch würde Ihnen folgende Frage stellen: Warum fallen Gegenstände nach unten? Liegt es an der

- A) Gravitationskraft
- B) Magnetkraft
- C) Elektrokraft
- D) Vitalkraft?

Die meisten würden wohl A als richtige Antwort wählen, hätten damit gleich ein paar Hundert oder Tausend Euro gewonnen und könnten zur nächsten Frage übergehen. So einfach kann Physik sein. Doch das scheint nur so.

Fragt uns ein Kind, warum alles nach unten fällt, würden wir vielleicht die genannten Fremdwörter vermeiden und von Erdanziehung oder Schwerkraft sprechen. Das ist eine

Antwort, mit der unser Nachwuchs selbstbewusst in der Schule punkten kann.

Doch was passiert, wenn das Kind das so sicher vorgetragene Wissen noch einmal hinterfragt? Zum Beispiel: Warum gibt es denn die Schwerkraft? Bei dieser simplen Frage käme nicht nur Herr Jauch in Erklärungsnöte. Auch gestandene Physiker müssten antworten: Wir wissen es nicht.

Die Wissenschaftler könnten natürlich noch etwas von der Krümmung des Raumes oder Eichbosonen erzählen und Formeln vorweisen, mit denen man das alles berechnen kann. Doch daraus ergäbe sich gleich die nächste Warum-Frage. Schließlich merken wir es: Eine endgültige, alles erklärende Antwort, bei der Kinder nicht weiterbohren könnten, gibt es gar nicht. Dabei geht es noch nicht einmal um die Frage nach dem Sinn des Ganzen (die ist von der Naturwissenschaft sowieso nicht zu beantworten), sondern um eine Gewissheit über die ersten bzw. letzten Ursachen. Doch da werden wir von den Wissenschaftlern allein gelassen.

Etwas altertümlich ausgedrückt könnte man sagen: Das Wirken der Schwerkraft ist ein Wunder, das uns vor unlösbare Rätsel stellt. Wir können nur noch darüber staunen – wenn wir diese Fähigkeit nicht schon verlernt haben.

Dabei ist die Gravitation nur ein Beispiel unter vielen. Im Prinzip können alle Warum-Frageketten von den Naturwissenschaften gar nicht abschließend beantwortet werden. Schon nach zwei, drei Fragen stoßen wir an Grenzen des Verstehbaren.

Trotz dieses Mankos, das gerne ignoriert, verschwiegen oder mit Fachsprache kaschiert wird, ist die Naturwissenschaft seit Jahrhunderten außerordentlich

produktiv. Unsere heutige Technik baut ganz auf diesen Erkenntnissen auf. Doch wie kann es sein, dass etwas, das gar keine abschließenden und zufriedenstellenden Antworten gibt, so erfolgreich wirkt? Das ist, kurz gesagt, ebenfalls ein Wunder.

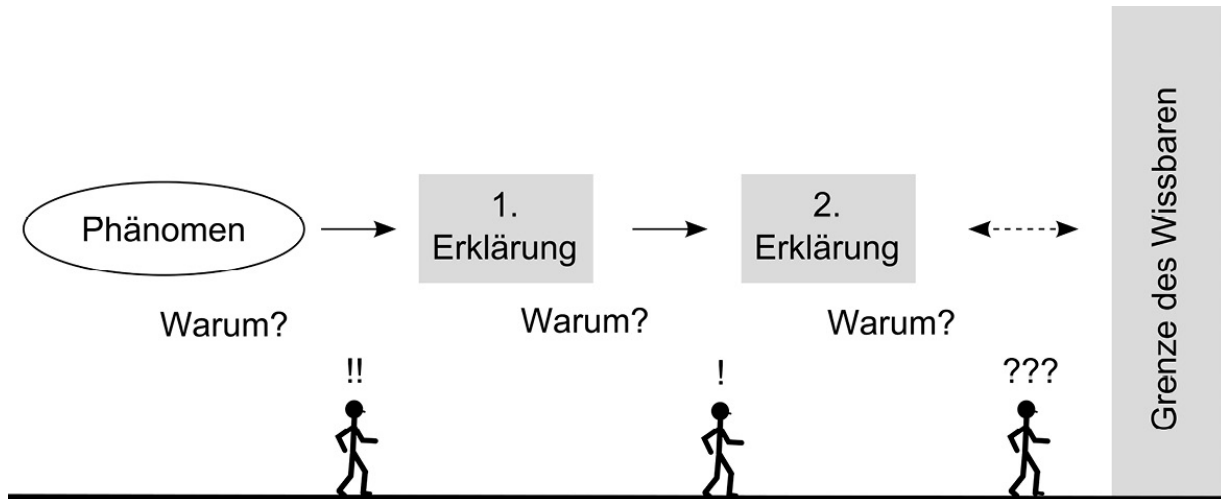


Abb. 1: Selbst kurze Frageketten können durch die Wissenschaft nicht befriedigend beantwortet werden!

Im Lauf dieses Buches werden wir es mit einer Reihe offener Probleme und Fragen tun bekommen, über die man nur staunen kann. Dabei werden Sie sehen, dass das viele, in den Lehrbüchern gespeicherte Wissen auf recht unbekannten Fundamenten ruht. Selbst die Begriffe, mit denen Wissenschaftler arbeiten, sind mitunter für sie selbst nur schwer zu fassen. Es bleiben immer unauflösbare Geheimnisse. Die Welt lässt sich also letztendlich gar nicht richtig erklären. Auch Physiker sind nicht allwissend.

Wozu aber dann dieses Buch, das voller wissenschaftlicher Erklärungsversuche steckt? Ich möchte

Ihnen zeigen, wie wir das Wundern und Staunen wieder lernen können – wenn wir uns auf das Geheimnisvolle in der Welt und der Wissenschaft besinnen. Dazu werde ich Sie auf eine Reise mitnehmen, die zu den Anfängen und Grenzen unserer naturwissenschaftlichen Weltbilder führt.

Damit unsere Tour persönlicher und erlebnisreicher wird, zerre ich Sie nicht sofort auf die abstrakten und unverständlichen Höhen der aktuellen Physik. Sondern wir wenden uns den fundamentalen Unglaublichkeiten und Unbegreiflichkeiten langsam zu. Dabei nähern wir uns dem Unbekannten ausgehend von unseren alltäglichen Beobachtungen und Erfahrungen und den Überlegungen unserer Vorfahren. Wir begeben uns, wie bei einer Expedition, in die Physik hinein und verfolgen konkrete Wege, die uns in neue Welten und an das Ende oder den Anfang des Wissbaren bringen.

Wir tun das mit möglichst einfacher »Ausrüstung«. Benötigt werden unsere wachen Sinne und Phantasie, und wir verzichten auf die von Physikern so hoch gehaltene Mathematik. (Dabei ist das Funktionieren der Mathematik in der Natur auch so etwas Unerklärbares.) Schon mit diesem leichten Gepäck kann jeder zumindest erahnen, wo die Grenzen der Wissenschaft liegen und von welcher Art sie sind.

Gemäß einer alten Pastorenweisheit, wonach ein gutes Beispiel die beste Predigt sei, lernen Sie durch das Konkrete das allgemein Gültige kennen. Auf diese Art gelangen wir gemeinsam schrittweise dorthin, wo wir nichts mehr wissen und nur noch staunend vor den unerklärlichen, geheimnisvollen Phänomenen stehen. So weit der Plan. Wollen Sie das Wundern wieder lernen? – Dann kommen Sie mit!

Und sie bewegt sich doch! – Das Wunder der Erkenntnis

Nüchternheit und die wunderbare Erde

Die Sonne geht auf. Ein neuer Tag beginnt. Das ist gar nichts Besonderes. Doch ist es so selbstverständlich, dass es jeden Morgen hell wird? Können wir sicher sein, dass das, was seit Jahrtausenden geschieht, morgen wieder geschehen wird?

In den alten Riten wurde der Sonnenaufgang gefeiert. Die Sonne und das Licht nehmen in vielen Religionen auch heute noch eine zentrale Stellung ein. Ex oriente lux – aus dem Osten kommt das Licht, meinten die alten Lateiner. Da jeden Tag die Sonne im Osten aufgeht, war diese Himmelsrichtung lange Zeit mit der Erwartung von etwas Außergewöhnlichem, mit einem alltäglich wiederkehrenden Wunder, verbunden. Denn ohne den Wechsel von Nacht und Tag, das ahnten die Menschen seit Jahrtausenden, gäbe es kein Leben auf der Erde. Doch wie Licht und Wärme entstehen oder wie sich Sonne und Erde bewegen, wussten sie lange Zeit nicht.

Seien Sie ehrlich: Wann haben Sie das letzte Mal in Ruhe einen Sonnenaufgang erlebt? Nehmen Sie sich die Zeit! Heutzutage wird dieser alltägliche Vorgang kaum noch als etwas Bemerkenswertes beachtet. Es war so, es ist so, es wird immer so sein. Von Wundern, geheimnisvollen Lichtern oder Göttern des Lichts lesen wir nur noch in alten Büchern. Wir meinen, wir wüssten fast alles, was es

über das Licht und die Sonne zu wissen gibt. Schließlich steht ja darüber genug in den Lehrbüchern. Die Sonne erzeugt ihre Energie durch Kernfusion und gibt sie als Strom von Lichtquanten ab. Wer Abitur machen will, muss das wissen – und kann dazu auch eine ganze Menge Aufgaben rechnen. Es ist also alles klar.

Gibt es heute noch ein Rätsel in der Natur, so ist es offenbar nur eine Frage der Zeit und des Geldes, bis es gelöst wird. Manche Wissenschaftler meinen gar, die Grundlagenwissenschaft komme in absehbarer Zeit zu einem gewissen Abschluss, weil die großen Fragen prinzipiell geklärt seien.

Auch die modernste Technik mit ihren wunderbaren Möglichkeiten ist für uns eine Selbstverständlichkeit geworden. Nichts überrascht uns mehr. Wir können möglicherweise alles wissen und alles tun – wenn wir nur wollen. Der Weg zu Besserwisserei, Arroganz und Größenwahn ist vorgezeichnet. Wir bemerken nicht, dass wir einen neuen Turm zu Babel bauen, von dem aus wir die Welt beobachten und beurteilen. Doch wir kennen seine Fundamente nicht!

Wir wissen heute, dass beim Sonnenaufgang das Licht nicht nur aus dem Osten zu uns kommt (wie die Lateiner scheinbar so naiv formulierten), sondern dass wir uns auch auf der Erde zu ihm hindrehen. Das ist seit Jahrhunderten bekannt. Doch ist es nicht merkwürdig und wunderbar zugleich, dass wir Menschen auf einer riesigen, sich drehenden Kugel leben, die sich mit rasender Geschwindigkeit durch ein leeres, kaltes Weltall bewegt? Wir spüren nichts von dieser gewaltig-ruhigen Rotation, aber wir lernen in den Schulen, dass es so ist. Irgendwann glauben wir es, denken nicht weiter darüber nach und gewöhnen uns an das Unglaubliche. Dabei bewegen wir

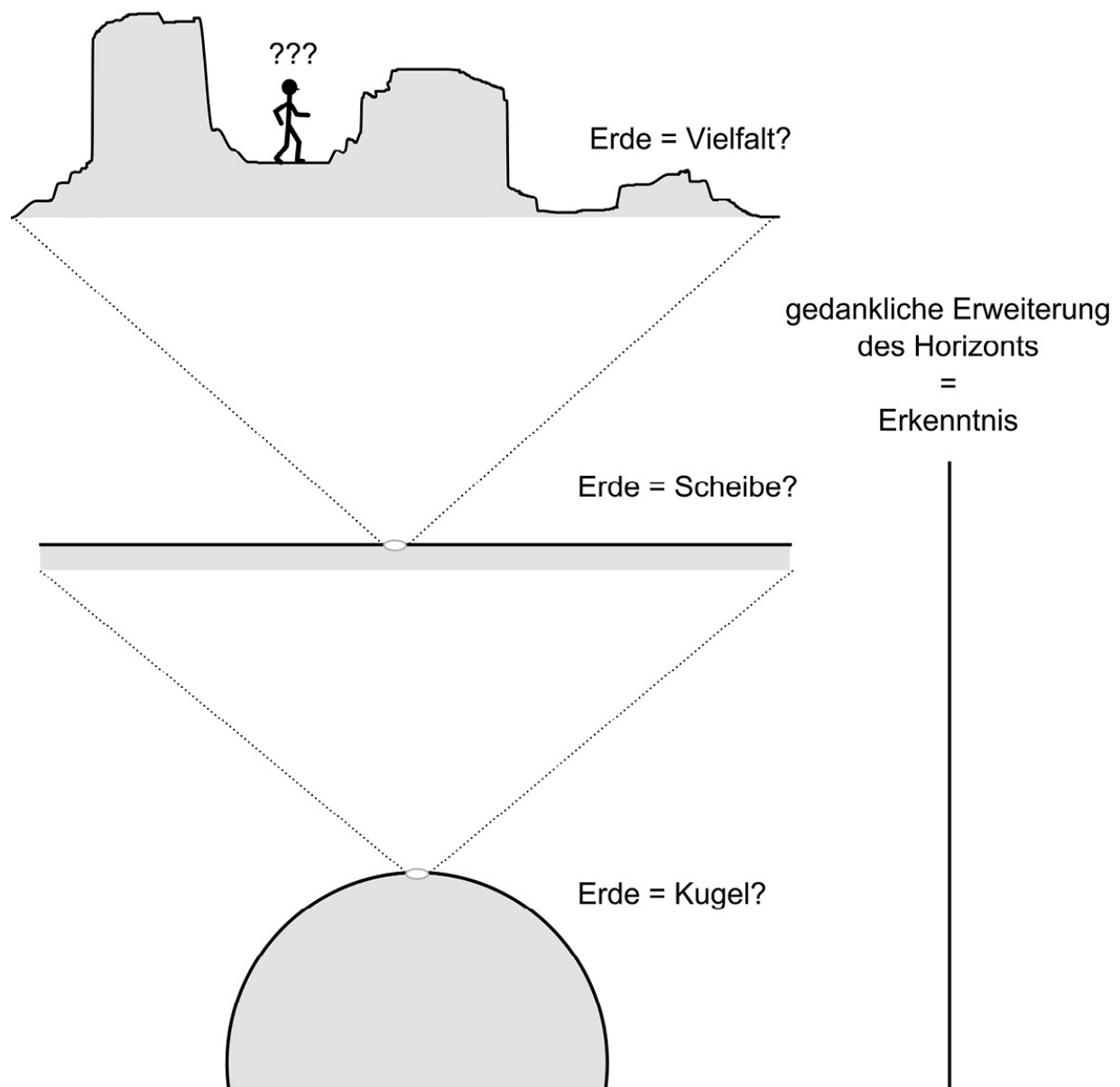
uns in unseren Breiten mit 1000 Kilometern in der Stunde um eine gedachte, schief stehende Erdachse, die nirgendwo festen Halt findet und quasi im Nichts endet. Und die Erde selbst fliegt mit über sagenhaften 100 000 Kilometern in der Stunde um die Sonne! Und die Leute, die in Australien scheinbar gar mit dem Kopf nach unten ins Weltall hängen, lehren uns, dass es im Universum gar kein Oben oder Unten gibt. Das sind im Prinzip alles Ungeheuerlichkeiten. Doch für uns ist das alles ganz normal geworden. Wir hinterfragen es im Alltag nicht weiter, denn man hat uns beigebracht, dass es dazu irgendwelche abstrakte Theorien gibt. Wir haben es völlig verlernt, über diese Tatsachen wirklich bis zum Grund nachzudenken. Wenn wir dies tun würden, kämen wir nämlich gar nicht aus dem Staunen heraus.

In diesem Zusammenhang stoßen wir auf noch etwas grundlegend Merkwürdiges: Woher wissen wir eigentlich, dass die Erde rund ist und sich um eine unsichtbare Achse dreht? Wenn wir aus dem Fenster schauen, sehen wir alles Mögliche – nur keine runde Erde. Bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts hatte niemand unseren rotierenden und um die Sonne fliegenden Planeten als Ganzes gesehen. Trotzdem hegte kaum jemand mehr ernsthaften Zweifel an seiner wahren Gestalt. Bis dahin gab es nur den Globus als *Modell*, als vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Mit ihm ließen sich unsere alltäglichen und astronomischen Beobachtungen und Erkenntnisse erklären. Natürlich hatten seit den Zeiten des Magellan (1480–1521) mutige Männer in schwankenden Schiffen die Erde umrundet, doch wirklich als Kugel gesehen hatte sie noch niemand.

Die Menschen konnten also ein Bild von etwas entwickeln, das sie nur in kleinen und trügerischen Ausschnitten wahrgenommen hatten. Erst die

Weltraumfahrer erblickten in den 1960er-Jahren unseren Planeten von außen als bläulich schimmernde Kugel und »bestätigten« quasi als erste »Augenzeugen« die alten Theorien.

Warum wundern wir uns nicht mehr über die unglaubliche Tatsache, dass die Menschen trotz ihres buchstäblich beschränkten Horizonts eine Menge über die Welt und den Kosmos wissen können?



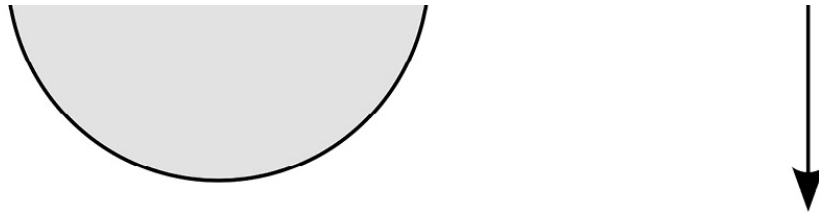


Abb. 2: *Wunder der Erkenntnis: Warum können wir Dinge erkennen, die hinter unserem Erfahrungshorizont liegen?*

Wir haben *Phantasie*! Wir können uns Dinge vorstellen und dann in der Realität nachprüfen, ob es sich tatsächlich so verhält. Sowohl beim ersten als auch beim zweiten Schritt bedarf es der *Kreativität*. Gesunder Menschenverstand allein reicht da bei Weitem nicht.

Schauen wir uns die Erde an. Einer der ersten, der sie vor seinem inneren Auge als Kugel sah und auch ihren Umfang ziemlich genau berechnete, war Eratosthenes (um 200 v. Chr.). Er hatte festgestellt, dass die Sonne in Syene, dem heutigen Assuan, an einem bestimmten Tag zu Mittag direkt senkrecht über den Beobachtern steht, während sie zur gleichen Zeit im nördlicher liegenden Alexandria um einen bestimmten Winkel versetzt weiter im Süden zu finden ist. Wir können das heute ohne Weiteres im Urlaub nachprüfen: Je weiter wir bis zum Äquator nach Süden kommen, desto höher steht die Sonne. Dieser Sachverhalt lässt sich erklären, wenn man annimmt, dass die Erdoberfläche gekrümmt ist. Mit einfacher Geometrie können so der Krümmungsradius und der Umfang der Erdkugel berechnet werden.

Dem Ergebnis dieser Überlegungen ist vom mathematischen Standpunkt aus nicht zu widersprechen. Die Beobachtungen und Berechnungen lassen sich immer wiederholen. Doch die Vorstellung, auf einer Kugel zu

leben, hatte für die Leute im Altertum doch etwas gar zu Merkwürdiges. So redeten sich viele auch in späteren Jahrhunderten doch lieber ein, sie würden auf einer mehr oder weniger eingedellten Scheibe leben. Eine Kugel? – Was für ein Unsinn! Was soll denn dann unten auf der Erde geschehen? Da müsste doch alles herunterfallen... Zu fremd waren für die meisten die »weltfremden« Vorstellungen der Gelehrten.

Abgesehen von der einfachen Erkenntnis, dass zu Ungewohntes die Leute eher abschreckt als anzieht, hat diese Geschichte doch auch etwas Bemerkenswertes: Wir Menschen können mit unseren Gedanken in Bereiche vorstoßen, die uns mit unseren Sinnen nicht unmittelbar zugänglich sind. Wir kommen weit über unseren alltäglichen Erfahrungshorizont hinaus, wenn wir *beobachten*, *messen* und durch Kreativität *Beziehungen herstellen*. Erst so kann sich Naturwissenschaft entwickeln.

Doch dieses Vorgehen birgt auch Gefahren, wenn wir es zu einseitig betreiben. Da heute alle Geheimnisse der Natur rational erklärbar, messbar und nutzbar scheinen, sind uns Neugier und Begeisterung abhandengekommen: Unsere grandiose Erde schrumpft im Modell zu einer simplen Kugel, deren Querschnitt jeder Schüler mit einem Zirkel zeichnen kann. Wer kann sich daran noch erfreuen? Die Kräfte, die unsere Erde in der Bahn um die Sonne halten, werden in den Erklärungen der Wissenschaft zu abstrakten Formeln. Auch hier hält sich die Begeisterung für die meisten in Grenzen. Ähnliches gilt im Übrigen für die gesamte Physik: So verwandelt sich farbiges Licht zu grauen Linien in geometrischen Konstruktionen. Der schönste Klang lässt sich als Spektrum in abstrakten Diagrammen darstellen. Unseren Sinnen trauen wir nicht mehr, sondern wir bauen auf das, was von technischen

Sensoren als elektrische Signale in Computer eingespeist und dort verarbeitet wird. Die Aufzählung ließe sich beliebig fortsetzen.

So ziehen wir zwar Nutzen aus der Wissenschaft, aber reicht uns das? Wo bleibt das Sinnliche? Unser Bild von der Welt wird zwar vielfältiger und erklärbarer durch die Wissenschaft – aber auch gleichzeitig ärmer. Aus sinnlich erfahrbarer Schönheit wird allerorten Nüchternheit. Was wir über die Vorgänge und Phänomene in der Natur zu denken haben, ist in Axiomen und Naturgesetzen geregelt. Man operiert in der Wissenschaft mit merkwürdig-fremd anmutenden Begriffen, Modellen, mathematischen Symbolen und Algorithmen. Diese Erklärungen sagen vielen nichts, da sie wenig mit unseren Erfahrungen und demzufolge auch kaum etwas mit den Gefühlen »normaler« Menschen zu tun haben.

Der Naturwissenschaftler und Philosoph Carl Friedrich von Weizsäcker (1912–2007) bemerkte in diesem Zusammenhang, dass die moderne Naturwissenschaft es wage, »die Welt so zu beschreiben, wie wir sie tatsächlich nicht erleben«. Physik (abgeleitet vom griechischen *physikē* = Naturforschung) ist daher nicht einfach »schwer«, sie ist regelrecht »unnatürlich«. Ein Widerspruch in sich?

Mit ihren merkwürdigen Ansichten und Vorgehensweisen haben die Physiker aber Erfolg, denn sie können damit viel rational erklären. Wer jedoch die abstrakten Erklärungsmuster nicht akzeptieren kann oder will, muss mit seinen Zweifeln sehen, wo er bleibt.

In deutschen Schulen ist daher Physik das unbeliebteste Fach. So, wie es normalerweise gelehrt wird, stößt es die meisten regelrecht ab. Kaum jemand hat das Glück, »de Dampfmaschin« so anschaulich erklärt zu bekommen wie in

der berühmten »Feuerzangenbowle«. Das moderne, auf Effizienz und Abschlussprüfungen ausgerichtete Schulwesen liefert wenig Spielraum für derartige »altertümliche« Lehr- und Lernformen wie das Erzählen und Zuhören. Und im Übrigen: Wer interessiert sich heute noch für Dampfmaschinen? – Dabei ließe sich deren Wirkungsweise im Unterricht noch bis ins Detail erklären. Bei Smartphones oder Kernspintomografen kann man das nicht mehr. Diese Geräte sind erschreckenderweise zu kompliziert geworden, um von Nichtfachleuten im Detail verstanden werden zu können. Als Laie kann man bestenfalls nur ganz grob und vereinfacht erfahren, wie Derartiges funktioniert.

Im Prinzip ergeht es uns damit nicht viel besser als unseren Vorfahren: *Sie* wussten nicht viel, weil noch niemand etwas wusste. *Wir* wissen nicht viel, weil die Sachverhalte und Erklärungen zu kompliziert geworden sind. Das Ergebnis ist in beiden Fällen Unwissenheit. Können wir also gar nichts dagegen tun, dass wir den wissenschaftlichen Grundlagen unserer von Technik dominierten Gesellschaft völlig ahnungslos und frustriert gegenüber stehen? – Doch.

Aristoteles (384–322 v. Chr.) beginnt sein fundamentales Werk »*Metaphysik*« mit den Worten: »Alle Menschen streben von Natur aus nach Wissen, weil sie Freude an der Sinneswahrnehmung haben.« Wer die Welt verstehen und am Begreifen Freude haben will, sollte also – trotz oder gerade wegen der abstrakten Wissenschaften und der anonymen Technik – zurückkehren zu den natürlichen Sinneswahrnehmungen, die uns staunen und wundern lassen. Neugierde und Interesse entwickeln sich nur, wenn wir mit offenen Sinnen beobachten, was um uns ist. Entwicklungsgeschichtlich ist die Neugier wahrscheinlich

dadurch bedingt, dass sie in früheren Zeiten einfach für das Überleben wichtig war. Wer nicht mit hellwachen Sinnen durch die Welt ging, wurde bald zum Opfer wilder Tiere oder unangenehmer Zeitgenossen. Auch brachte das Wissen um Zusammenhänge langfristig der ganzen Gruppe Nutzen. Wer mehr weiß, ist im Vorteil. Das gilt heute auch noch.

Trotzdem ist die Aufnahme von Informationen durch Beobachten nur der erste Schritt. Wir müssen zunächst *Regelmäßigkeiten* erkennen und fragen, was dahintersteckt. Wir schaffen damit Wissen, stellen Beziehungen her und entwickeln Wissenschaft. So können wir einige grundlegende und verhältnismäßig einfache Zusammenhänge, d. h. *Naturgesetze*, entdecken, die erstaunlicherweise den Lauf der Welt bis zu einem gewissen Grad erklären und im Voraus beschreiben. Dabei lernen wir aber auch Grenzen kennen, die den Gültigkeitsbereich der Naturwissenschaften markieren. Indem wir unser Unwissen und unsere Hilflosigkeit überwinden, werden wir sehen, dass es zwar auf der Welt gesetzmäßig zugeht, dass es aber gleichzeitig hinter diesen Gesetzen auch noch Wunder und Geheimnisse gibt, über die sich nachzudenken lohnt.

Sitzen wir alle auf einem riesigen Kreisel?

Heutzutage finden wir unzählige Bilder und Animationen unserer Erde im Internet. Nehmen Sie sich einmal etwas Zeit und schauen Sie sich die phantastischen Fotos an, die aus Satelliten oder Raumstationen aufgenommen wurden. Das sind aber nur Wahrnehmungen aus zweiter Hand.

Unmittelbar mit unseren Sinnen wahrnehmen können wir die gewaltige Bewegung der Erde um sich selbst und um die Sonne nur in einer Weise, die uns zunächst zu falschen Überlegungen führt. Wenn wir in den Himmel schauen, scheint sich alles langsam einmal in 24 Stunden um uns zu drehen.

Die Wissenschaftler sagen uns, dass dieser Eindruck trügt. Bis auf den Mond bewegt sich nichts um uns. Das klingt enttäuschend. Doch können wir uns darüber nicht auch wundern? Warum dreht sich die Erde überhaupt? Warum dreht sie sich von West nach Ost und nicht in die entgegengesetzte Richtung? Oder von Nord nach Süd? Oder irgendwie quer? Und warum dreht sie sich schon seit Menschengedenken, bleibt nicht irgendwann stehen oder läuft rückwärts? Jede Menge Fragen.

Die Physiker betrachten die Erde abstrakt als einen Kreisel, der sich – einmal angetrieben – lange in eine Richtung dreht. Dabei verstehen sie unter einem Kreisel kein Kinderspielzeug, sondern verallgemeinernd alle festen, symmetrischen Körper, die sich stabil um eine Achse drehen. (Physiker haben im Allgemeinen den Hang, die Dinge zu verallgemeinern. Sie müssen sich dann nicht viel Spezielles, sondern nur wenig Allgemeines merken.)

Die Erfahrung lehrt uns, dass ein Kinderkreisel mit genügend Drall nicht umkippt oder spontan seine Drehrichtung wechselt. Wir können also darauf bauen, dass sich die Erde weiterhin drehen wird und morgen die Sonne wieder »aufgeht«.

Wissenschaftler benutzen zur Erklärung des Beobachteten *Vergleiche* und *Bilder*. Dabei versuchen sie, das Komplizierte, Unbekannte auf etwas Einfaches, Bekanntes zurückzuführen. Im vorliegenden Fall also: Erde

= Kugel = Kreisel. Also spricht man nicht nur in der Bibel, sondern auch in Physikbüchern in Gleichnissen!

Die Erde mit ihrer Lufthülle, den Kontinenten und Ozeanen, ihren Menschen, Tieren und Pflanzen ist in ihrer Komplexität natürlich etwas anderes als ein einfacher Holzkreisel. Doch um verschiedene Phänomene zu verdeutlichen, zu berechnen oder vorhersagen zu können, ist diese Vereinfachung durchaus legitim. Physiker sind manchmal mit sehr einfachen Vorstellungen zufrieden.

Wie bei einem einfachen Kreisel ist die gedachte Achse, um die sich die Erde dreht, stabil. Wenn man aber genauer hinschaut, schwankt jede Kreiselachse regelmäßig etwas hin und her. Bei der Erde ist das tatsächlich genauso – nur eben in einem ganz anderen Zeit- und Raummaßstab. So gibt es noch eine ganze Reihe von Erscheinungen, die man mit dem relativ simplen Kreiselmodell erklären kann.

Je mehr wir mit einem Modell verdeutlichen können, desto besser ist es. Wir müssen uns nur davor hüten, das Modell für die Wirklichkeit selbst zu halten. Das ist leider in der Wissenschaftsgeschichte schon des Öfteren passiert. Wissenschaftler reagierten zum Teil außerordentlich sauer, wenn sich die Natur anders verhielt als die Gedankenmodelle, die man sich zurechtgezimmert hatte.

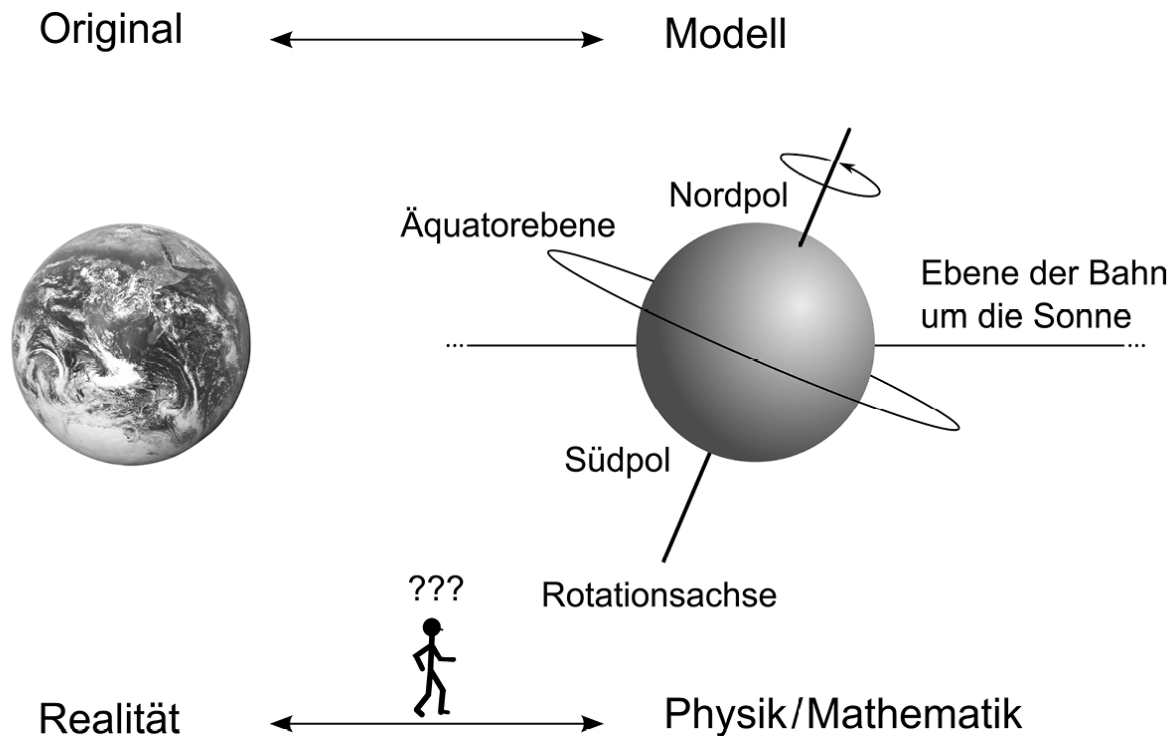


Abb. 3: *Warum können wir mit einfachen Modellen unsere komplizierte Welt beschreiben?*

Die Welt ist viel komplizierter als die Abbilder, die wir uns von ihr machen. Eigentlich eine Binsenweisheit. Trotzdem bleibt die Frage, weshalb sich Phänomene, die wir durch unsere Sinne oder durch komplizierte Sensoren wahrnehmen, überhaupt durch vereinfachende Vergleiche beschreiben und sogar berechnen lassen. Es sieht tatsächlich so aus, als ob die Welt nach einem »Plan« konstruiert worden wäre, den wir lesen und verstehen können. Doch warum ist das so? Das weiß niemand. Albert Einstein (1879-1955) fasste diese Tatsache in seinem Aufsatz »*Physik und Realität*« in einem kurzen Satz

zusammen: »Das ewig Unbegreifliche an der Welt ist ihre Begreiflichkeit.«

Natürlich können wir nicht alle Phänomene und Prozesse mit einfachen Bildern und Modellen beschreiben. Manchmal sind dazu recht komplexe Vorstellungen nötig. Da können wir uns schon die Frage stellen, wie wir denn auf die dafür notwendigen Vergleiche kommen. Wenn man sich die Modelle anschaut, die sich die Menschen im Lauf der Geschichte aufgebaut haben, dann findet man darin häufig den entsprechenden Zeitgeist wieder: Im goldenen Zeitalter der Mechanik, vom Ende des 17. bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, wurde die Welt natürlich als Maschine gesehen und die einzelnen Bestandteile, einschließlich des Menschen, als Maschinenteile. Auch alle elektrischen, optischen, thermischen, chemischen und biologischen Phänomene wurden wenn möglich mechanisch erklärt. Im 20. Jahrhundert ist man von dieser einseitigen Sichtweise abgekommen, doch man erlag natürlich auch dann einem anderen Zeitgeist. So sprach beispielsweise Carl Friedrich von Weizsäcker im Zusammenhang mit der Entstehung des Universums vom Urknall. Dieser käme ihm »immer so vor wie der Weltentstehungsmythos desjenigen Jahrhunderts, in dem die Atombombe explodiert ist. Man soll doch nicht meinen, dass die Bilder, die wir uns machen, frei sind von dem, was uns unterschwellig emotional ständig bewegt.«

Hinter den meisten Bildern und Modellen in der Physik stecken jedoch erstaunlicherweise nur einige wenige Konzepte, die immer wieder auftauchen: *Teilchen, Felder, Ströme, Schwingungen, Wellen, Quanten*. Wir werden uns in diesem Buch mit allen beschäftigen.

Was unter Umständen sehr unterschiedliche Erscheinungsformen und Namen hat, kann also mit