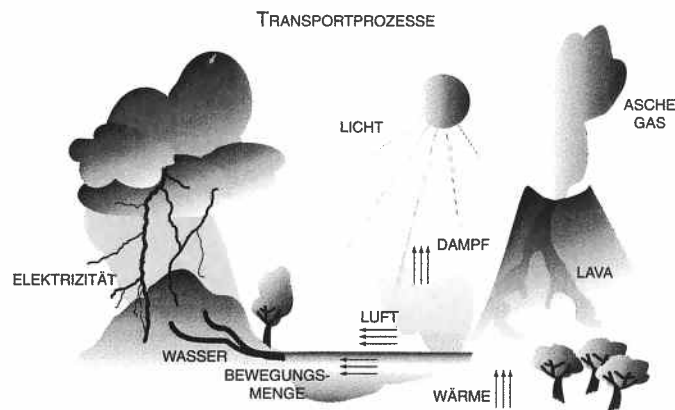


E.1 Dynamische Prozesse

Wenn wir die Welt um uns herum erklären wollen, müssen wir Bilder in unseren Gedanken erschaffen. Da sich alles in dieser Welt ständig ändert, besteht eine Aufgabe der Physik darin, Bilder zu erzeugen, mit denen wir erklären können, wie die Natur als ein dynamisches System funktioniert. Solche Bilder sind graphisch, intuitiv und sehr mächtig: viel von dem, was wir für ein Verständnis brauchen, liegt in uns bereit – als Resultat alltäglicher Erfahrungen.

Alles fließt ... Es gibt Prozesse, die direkt das Bild vom Fließen einer “Menge” oder eines “Stoffs” suggerieren – so z. B. das Fließen von Wasser und Luft auf der Erde (Fig.E.1). Andere Substanzen, z. B. geschmolzene Gesteine oder in Wasser gelöste Chemikalien fließen genauso. Diese direkt sichtbaren Prozesse werden wir als die Quelle unseres Bildes, wie die Natur funktioniert, nehmen.

Fig. E.1. Natürliche Vorgänge sind das Resultat des Transportes bestimmter Mengen wie Elektrizität, Wärme, Stoffe und Bewegungsmenge.



Dieses Bild kann man auf Prozesse übertragen, bei denen “unsichtbare” Mengen – wie Elektrizität oder Wärme – die zentrale Rolle spielen. Wir akzeptieren normalerweise ohne Probleme, dass wir uns elektrische und thermische Vorgänge durch das Fließen von Elektrizität und Wärme vorstellen können. Wir beschreiben dann den Transport von Elektrizität und von Wärme in Analogie zum Transport von Wasser oder Luft, genau so als ob sie irgendwelche “Stoffe” wären.

Es ist weniger klar, wie man mechanische Vorgänge in diesem Bild beschreiben kann. Die folgende Schlagzeile in einer Zeitung aus Honolulu erklärt uns aber, wie das geht: “Sturm bei Neuseeland bringt hohe Wellen an Oahus Südstrand”. Die einfachste Erklärung für diesen Prozess benutzt wieder das Bild eines Transportes. Der Wind in Neuseeland hat viel “Bewegung” oder “Schwung”, und einen Teil davon gibt er an das Wasser des Ozeans ab. Diese Bewegungsmenge setzt nicht das Wasser in Bewegung sondern fließt durch das Wasser nach Hawaii. Wenn man geschickt ist, so kann man einen Teil des Schwungs der Winde in Neuseeland auf sich beim Surfen übertragen.

... oder wird produziert und zerstört ... Transportprozesse sind nur ein Teil dessen, was hinter den Veränderungen in der Natur, die wir beobachten, verborgen ist. Genau so wichtig sind Prozesse, die das Resultat der Erschaffung oder der Zerstörung gewisser Größen sind (Fig.E.2).

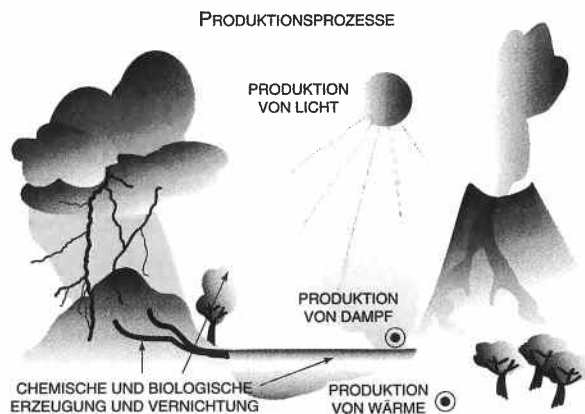


Fig. E.2. Einige der Mengen, die fließen können, werden erschaffen oder zerstört.

Erzeugung oder Vernichtung chemischer oder biologischer Arten ist eine der hauptsächlichsten Quellen von Veränderung auf unserem Planeten. Dynamische Prozesse müssen nicht unbedingt die Folge des Hinzufügens oder Wegnehmens von Stoffen sein, sie können genauso gut das Resultat von Produktion oder Vernichtung dieser Stoffe im Innern eines Systems sein. Nehmen Sie ein Beispiel aus der Biologie. Die Zahl der Elefanten im Laufe der Zeit im Serengeti in Afrika ist genauso sehr die Folge von Geburten und Tod wie von Zu- und Abwanderung. Geburt und Tod sind für Lebewesen was Produktion und Vernichtung für chemische Stoffe sind. In chemischen Reaktionen erscheinen und verschwinden Stoffe; sie werden erzeugt und vernichtet. Die Blätter der Bäume nehmen Kohlendioxid und Wasser auf, vernichten diese und produzieren neue Substanzen.

Genau so lehren uns thermische Phänomene, dass Wärme durch Feuer und Reibung und durch viele andere Vorgänge erzeugt werden kann. Wärme erscheint in Körpern, ohne dass man sie von aussen hinzugefügt hätte. Also können die Mengen von Stoffen, die Zahl von Lebewesen und die Menge von Wärme in einem System geändert werden, ohne dass daran Transportvorgänge schuld sein müssen.

... und wird gespeichert. Grössen, die fließen oder erzeugt und vernichtet werden, befinden sich immer in einem Raumgebiet. Elefanten leben in einem Gebiet, Kohlendioxid befindet sich in der Luft, Wärme befindet sich in Steinen. Man sagt, diese Grössen seien *gespeichert*. Solche Grössen nennen wir deswegen *mengenartige Grössen*.

Warum fließen Dinge? Für die Physik finden wir die Antwort auf diese Frage, indem wir beobachten, was Wasser und Luft auf der Erde tun. Alltägliche Beobachtungen zeigen uns, dass Wasser von selbst hinunter fließt. Es braucht ein Gefälle. Im übertragenen Sinne gilt das auch für die anderen physikalischen mengenartigen Grössen. Wir nehmen deshalb Wasserfälle als Vorbilder dafür, wie die Natur funktioniert (Fig.E.3).

Im Falle des Fließens von Luft kann man die Höhen oder Niveaus, die es dazu braucht, nicht sehen. Wir wissen aber, dass Luft von Orten mit hohem zu solchen mit tieferem Luftdruck fließt. Also stellen wir uns den Druck als eine Art "Niveau" vor, und Druckdifferenzen als die zum Fließen notwendige *Niveaudifferenz* oder den *Antrieb* für den Prozess.



Fig. E.3. Wasserfälle sind für uns der Prototyp eines physikalischen Prozesses. Wasser fließt von selbst von höher zu tiefer gelegenen Orten. Im übertragenen Sinn tun das die anderen mengenartigen physikalischen Grössen auch.

E.3 Beispiele physikalischer Vorgänge

Um uns zu helfen, dynamische Vorgänge besser zu verstehen, werden wir in diesem Abschnitt Beispiele physikalischer Vorgänge betrachten und mit Worten beschreiben. Wir werden sehen, dass sich physikalische Prozesse einfach in ein paar Gebiete einteilen lassen, nämlich Hydraulik, Elektrizität, Bewegung (Translation und Rotation), Wärme und chemische Reaktionen. Jeder Prozess-typ wird durch eine andere Grösse beherrscht, deren Fliesen oder Entstehen und Vergehen schuld an dem Vorgang sind. In den folgenden Kapiteln dieses Buches werden wir hydraulische, elektrische, Bewegungs- und thermische Prozesse, sowie Licht und Strahlung vertieft behandeln.

Tabelle E.1. Eine Liste physikalischer Vorgänge

Vorgang	Wortmodell
 <p>Wasser fliesst durch ein Verbindungsrohr aus einem Tank in einen zweiten. Die Füllhöhe in den zwei Behältern ist zu Beginn verschieden. Ein Wasserstrom zwischen den beiden Tanks ist so lange vorhanden bis die Füllhöhen in beiden gleich geworden sind.</p>	<p>Das Wasser strömt vom Behälter mit der grösseren Füllhöhe zum zweiten mit einer tieferen. Der Grund dafür ist der Druckunterschied am Boden in den beiden Behältern. Der Druck wirkt wie ein hydraulisches Niveau. Wenn die beiden Niveaus ausgeglichen sind, kommt der Prozess zum Stillstand.</p>
 <p>Zwei isolierte Metallkugeln sind geladen (zum Beispiel mit Hilfe eines Glasstabes, welcher mit einem Seidentuch gerieben wurde). Elektrometer zeigen an, dass die beiden Kugeln verschieden geladen sind. Wenn sie mit einem Draht verbunden werden, in welchem eine kleine Glühlampe montiert ist, leuchtet diese Lampe kurz auf.</p>	<p>Elektrizität fliesst von der Kugel mit dem höheren Ladungsniveau zur anderen. Die Elektrizität fliesst durch den verbindenden Draht und lässt die Lampe leuchten und zwar nur so lange eine Niveaudifferenz vorhanden ist.</p>
 <p>Eine Kiste bewegt sich horizontal auf einen stillstehenden Wagen zu und rutscht auf ihm weiter. Sie kommt nach einiger Zeit relativ zum Wagen zur Ruhe. Körper und Wagen bewegen sich dann zusammen.</p>	<p>Die Kiste, welche auf den Wagen rutscht, kommt wegen der Reibung zum Stillstand. Ein Teil des Schwungs der Kiste setzt den Wagen in Bewegung. Schwung fliesst von der Kiste so lange in den Wagen, bis beide gleich schnell sind. Der Wagen wird durch die Zunahme seines Schwungs schneller.</p>

Fig. E.9. Hydraulischer Vorgang.

Fig. E.10. Elektrischer Vorgang.

Fig. E.11. Bewegungsvorgang.

Tabelle E.1. Eine Liste physikalischer Vorgänge

Vorgang	Wortmodell
Eine Person steht auf einem Drehtisch und erhält ein drehendes Velorad. Sie hält das Rad so, dass die Drehachsen von Person und Rad ausgerichtet sind. Die Person verlangsamt die Rotation des Rades durch Bremsen mit der Hand am Reifen. Dadurch beginnt sich die Person auf dem Drehtisch selbst in der Richtung des Rades zu drehen.	Das drehende Rad hat "Dreh-schwung". Durch das Abbremsen des Rades fließt Drehimpuls vom Velorad zur Person auf dem Drehtisch. Durch Aufnahme von Drehschwung wird die Person in Rotation versetzt. Drehimpuls fließt so lange, bis sich Rad und Person gleich schnell drehen.
Zwei verschieden warme Körper berühren sich. Ein Thermometer zeigt an, dass der eine der beiden heisser ist. Nach einer gewissen Zeit sind die Temperaturen der beiden Körper gleich geworden.	Wärme fließt vom heisseren zum kälteren Körper. Dabei wird der wärmere Körper kühler während sich der kältere erwärmt. Solange eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Körpern vorhanden ist, fließt Wärme vom wärmeren zum kälteren Körper.
Eine Glühlampe wird an die Elektroden einer Batterie angeschlossen. Solange eine chemische Reaktion in den zwei Halbzellen der Batterie stattfindet leuchtet die Lampe.	Reaktionsfähige chemische Stoffe werden getrennt voneinander in der Batterie gespeichert. Durch den unterschiedlichen "chemischen Druck" zwischen zwei Batterie-teilen entsteht eine chemische Reaktion, d. h. Stoffe entstehen oder vergehen. Solange die Reaktionen laufen, fließt auch Ladung.

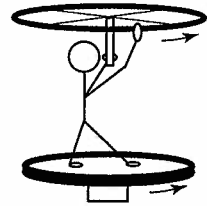


Fig. E.12. Rotationsvorgang.

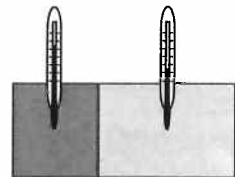


Fig. E.13. Thermischer Vorgang.

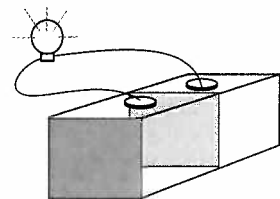


Fig. E.14. Chemischer Vorgang.

Alle in Tab.E.1 aufgeführten Prozesse werden als Folge eines Fliessprozesses dargestellt. Die fließende Grösse ist je nach Phänomen verschieden – Wärme bei thermischen, Schwung bei Bewegung, Elektrizität bei elektrischen, usw. Als Grund des Fliessens denkt man sich immer eine Art Niveaudifferenz.

Die hier gebrauchten Bilder werden wir in den verschiedenen Bereichen der Physik wieder finden. Um interessante Probleme auch konkret lösen zu können, werden wir lernen müssen, die Wortmodelle in mathematische Modelle umzusetzen. Mathematische Modelle erlauben uns, den Verlauf von Prozessen zu simulieren, d. h. zu berechnen. Dazu müssen wir neben den physikalischen Gesetzen auch die Methodik der Modellbildung kennen lernen. Wir werden dabei von modernen, einfach zu benutzenden Software-Werkzeugen Gebrauch machen. Diese erlauben uns, die hier verwendeten Vorstellungen graphisch und mit Formeln in simulationsfähige Modelle zu verwandeln.