

Die logische Poesie der Energie

Will's wissen Vor 100 Jahren erklärte die Mathematikerin Emmy Noether den Zusammenhang zwischen Energie und dem Rest der Physik

Der Tagesspiegel · 26. mar. 2018 · Von Otto Wöhrbach

Zuletzt hatte Heinz-Peter Meidinger das M-Wort in den Mund genommen. Meidinger ist Präsident des Deutschen Lehrerverbandes, er vertritt 160 000 Pädagogen. Die sind, wenn es nach ihrem Chef-Lobbyisten geht, an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angekommen. „Was wir jetzt brauchen, ist ein Moratorium bei der Inklusion“, sagte Meidinger der „Welt“.



Inklusion bedeutet, dass Kinder mit und ohne Behinderungen in denselben Klassen unterrichtet werden. Davon ist Deutschland weit entfernt. Rund ein Drittel aller „Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf“ besucht inzwischen eine Regelschule, doch die Förderschulen sind trotzdem kaum kleiner geworden. Dabei hat die Bundesrepublik schon 2009 die UN-Behindertenrechtskonvention ratifiziert und sich verpflichtet, das doppelte System abzuschaffen. Andere Länder in Europa haben früher angefangen mit der Inklusion und schreiten schneller voran. Hierzulande führte schon der mäßige Umsetzungsstand laut Meidinger mit dazu, „dass die letzten Grundschul-Leistungsvergleiche enttäuschend ausgefallen sind.“ Kann Deutschland Inklusion nicht so gut wie die anderen?

Raul Krauthausen ist einer der bekanntesten Aktivisten für Inklusion. Er finde es bezeichnend, sagte er im „Deutschlandfunk“, dass die Unterfinanzierung der Schulen sich entlade „in der Debatte an den Kindern mit Behinderung, die in Regelschulen wollen und natürlich auch ein Recht auf Bildung haben.“ Das Gerede von einem Moratorium sei ein „Armutszeugnis für die Bildungspolitik“. Anders gesagt: Nicht die Kinder sind das Problem, sondern eine Bildungspolitik, die die Inklusion sonntags aufs Podest stellt und montags finanziell verhungern lässt. Ein Beispiel hat die gelb-schwarze Regierung in NRW geliefert, als sie beschloss: Es solle keine Förderschule mehr geschlossen werden, bis die Voraussetzungen für gelingende Inklusion erfüllt seien. Moment, möchte man fragen: Wer schafft denn diese Voraussetzungen?

Meidinger ist Leiter eines Gymnasiums in Bayern. An Gymnasien tendiert die Inklusionsquote noch immer gegen Null, was seine Forderung in einem anderen Licht erscheinen lässt. Wenn Meidinger sagt, ab einer gewissen Schwelle gefährde Leistungsheterogenität „mit Sicherheit Kein Platz und keine der rund 10000 Straßen Berlins trägt den Namen von Emmy Noether (1882 - 1935). Immerhin ist ein Gymnasium in Köpenick nach der Frau benannt, die zu den bedeutendsten Mathematikerinnen zählt – Mathematiker eingeschlossen. Zu ihren größten Leistungen gehört das „Noether-Theorem“, das vor 100 Jahren, in den „Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen“ veröffentlicht wurde. Darin bewies sie mit einer, wie Albert Einstein es formulierte, „Poesie logi-

scher Ideen“einen geradezu „spirituellen“Zusammenhang zwischen den grundlegenden Eigenschaften physikalischer Naturgesetze und dem zentralen Begriff aller Naturwissenschaften: der Energie.

Mittlerweile ist dieser Begriff aus seiner naturwissenschaftlichen Welt heraus vorgedrungen in unseren Alltag, in Politik und Wirtschaft. „Energie“ist omnipräsenter Schlüsselbegriff unserer modernen Zivilisation. Wir verwenden ihn wann immer wir über Geschichte und Gegenwart und die Zukunft unseres Planeten nachdenken. Viele Menschen stellen sich dabei Energie vor als eine Art Treibstoff, der nicht nur die unbelebte Welt in Bewegung hält, sondern auch durch unsere Körper strömt und uns mehr oder weniger energisches Leben ermöglicht. Und wenn die Energie einmal nicht strömen will, dann müssen nicht selten die Druiden des 21. Jahrhunderts her. Unter Berufung auf uraltes Wissen längst vergangener Kulturen in Ost und West meinen sie, „Energieblockaden“wieder lösen zu können, damit alles wieder auf „Meridianen“oder sonstigen Bahnen durch unsere Körper fließen kann.

Dabei begann die Karriere der Energie und des Energiebegriffs eigentlich erst vor weniger als 180 Jahren. Und sie begann nicht etwa in einem Physiklabor, sondern auf einem holländischen Handelsschiff, unterwegs in tropischen Gewässern. Die damals übliche Behandlung kranker Matrosen war der Aderlass. Dabei beobachtete der deutsche Schiffsarzt Julius Robert Mayer aus Heilbronn etwas, das vor ihm schon viele gesehen, worüber aber offenbar noch niemand nachgedacht hatte: Das aus den Venen strömende Blut der Matrosen war deutlich heller, als er es aus Europa in Erinnerung hatte. Mayer interpretierte das hellere Venenblut als Anzeichen für einen abgeschwächten Stoffwechsel. Er fragte sich: Was ist anders in den Tropen? Die Lufttemperatur, lautete seine Antwort. Diese schlichte Erkenntnis zündete in dem jungen Schiffsarzt die entscheidende Idee: In den Tropen gibt unser Körper weniger Wärme an die Umgebung ab als im kalten Europa. Deshalb muss der Stoffwechsel auch weniger Wärme nachliefern, damit die innere Körperwärme erhalten bleibt. Erhaltung! In der Natur, folgerte Mayer, beruht alle Veränderung darauf, dass etwas erhalten bleibt. Dieses quantitative „Etwas“war für Mayer die „Kraft“– ein Begriff, den auch die Physiker jener Zeit bereits verwandten.

Den Begriff „Energie“hatte schon der griechische Philosoph Aristoteles zwei Jahrtausende früher benutzt. Aber eben rein philosophisch. Er bedeutet so viel wie „Innere Wirkung“. Als physikalische Größe beschrieb ihn 1807 erstmal der englische Augenarzt Thomas Young für das Ausmaß der Wirkung, die ein bewegter Körper hervorrufen kann, etwa, wenn er irgendwo anstößt.

Heute weiß man, dass Energie eine zahlenmäßige Bilanzgröße der Natur ist, die durch alle Veränderungen eines abgeschlossenen Systems hindurch erhalten bleibt. In etwa das war es, was Mayer meinte, auch wenn das helle Blut als ursprünglicher, beispielhafter Ideengeber wohl kaum etwas damit zu tun hatte. Als Beispiel eignet sich eher die Achterbahn: Während der Wagen ins Tal rollt, nimmt seine Höhe ab, dafür wächst aber seine Geschwindigkeit. Energetisch ausgedrückt: Was der Wagen an Höhenenergie verliert, gewinnt er an Bewegungsenergie dazu. Die Summe aus beiden Energieformen bleibt dabei in jedem Moment gleich, also „erhalten“.

Nach einer universalen Erhaltungsgröße in der Natur hatten Naturforscher schon lange vor Mayer gesucht. Bereits 1686 hatte der Philosoph und Mathematiker Gottfried Wilhelm Leibniz eine „vis viva“beschrieben, eine lebendige Kraft also, die bei rein mechanischen Vorgängen wie etwa bei einem Zusammenstoß von Körpern erhalten bliebe. Doch erst Mayer erkannte auch Wärme als Energieform. Und erst dadurch stimmten die Energiebilanzen. Im Bewusstsein, damit ein fundamentales Universalgesetz der Natur gefunden zu haben, versuchte Mayer gleich nach seiner Rückkehr, seine

Entdeckung bekannt zu machen. Doch sein erster Artikel 1841 „Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte“ wurde nicht einmal veröffentlicht. Sein zweiter Aufsatz ein Jahr später erschien zwar, aber in den für das Thema eigentlich nicht zuständigen „Annalen der Chemie und Pharmacie“. Und Physiker, die trotzdem Mayers „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ zu lesen bekamen, waren offenbar nicht in der Lage, die Bedeutung der Ideen des Heilbronner Arztes zu erkennen. Tatsächlich waren sie formuliert in fachfremder Terminologie und versteckt zwischen weiteren eher nebulösen Spekulationen über die Ursachen des Laufs der Welt.

Seine Entdeckung einer buchstäblich All-umfassenden Erhaltungsgröße unter Berücksichtigung der Wärme fand jedenfalls kaum Beachtung. Mayer fühlte sich verkannt und verfiel zunehmend in Depressionen. 1850 stürzte er sich aus einem Fenster, überlebte aber und fristete weitere freudlose Jahre zunächst in Nervenheilanstalten. Später kehrte er nach Heilbronn zurück, wo man ihn fortan den „närrischen Mayer“ nannte.

Doch das Thema der Erhaltung einer quantitativen Größe bei allen Naturerscheinungen lag in der Laborluft jener Zeit. Schon 1843 hatte der englische Physiker James Prescott Joule ein Experiment erdacht, mit dem er überprüfen wollte, ob mechanische Energie sich wirklich in Wärme verwandeln kann. Und tatsächlich zeigte sich, dass ein von einem fallenden Stein über eine Schnur angetriebener Quirl Wasser erwärmte. Joule konnte sogar den Umwandlungsfaktor messen: Besaß der Stein zum Beispiel eine Masse von 10 Kilogramm und fiel um 10 Meter herab, erwärmte der Quirl einen Liter Wasser um rund 0,2 Grad. 1847 schließlich legte der Universalgelehrte Hermann von Helmholtz mit seinem Vortrag „Über die Erhaltung der Kraft“ vor der Physikalischen Gesellschaft in Berlin endgültig die Basis für den Energiebegriff als universelle Grundgröße des wissenschaftlichen Weltbildes. Ein kleiner Nebensatz in diesem langen Vortrag erwähnte zumindest Mayers Beiträge zur Entdeckung des Energie-Erhaltungs-Satzes: „Die Möglichkeit seiner allgemeinsten Gültigkeit sprach zuerst ein schwäbischer Arzt, Dr. Julius Robert Mayer, im Jahre 1842 aus“. Doch erst etwa ein Jahrzehnt später begannen Helmholtz und andere einzusehen, dass Mayer mit seinen Veröffentlichungen weitaus mehr geleistet hatte, als nur die „Möglichkeit“ der Energie-Erhaltung „auszusprechen“. Danach erfuhr Mayer bis zu seinem Tod 1878 wachsende Anerkennung und erhielt zahlreiche Auszeichnungen. Soweit überliefert wurde er trotzdem kein glücklicher Mensch mehr. Und die höchste Anerkennung blieb ihm versagt: Die Einheit, in der heute Energie gemessen wird, heißt „Joule“ und nicht „Mayer“.

Wärme, von Mayer als Energieform identifiziert, hat trotz aller Erhaltung ihre Eigenheiten. Denn sie lässt sich in der Praxis nur teilweise wieder in mechanische Energie zurückverwandeln. So kann zum Beispiel in einem „Kraftwerk“, in dessen Name Mayers ursprüngliche Begrifflichkeit noch nachklingt, die Wärme des Dampfes höchstens etwa zur Hälfte für den Antrieb der Turbinen genutzt werden. Der Rest entweicht oder kann allenfalls noch umliegende Gebäude beheizen.

Noch schlechter ist der Wirkungsgrad bei Automotoren: Die Wärme aus der Verbrennung von Treibstoff strömt zum Großteil direkt wieder aus dem Auspuff oder erhitzt den Motor. Von zehn Litern verbrannten Treibstoffs verwandelt sich bestenfalls die Wärme aus zwei Litern in die gewünschte Bewegungsenergie. Jeder Kühlturm eines Kraftwerks und jede Straße voller Autos ist ein Beispiel für die betrübliche Sonderrolle der Energieform Wärme in den Energiebilanzen: Sie lässt sich nur unter Verlusten einspannen für die energiehungrigen Zwecke unserer Zivilisation. Ein Perpetuum Mobile, also eine ewig laufende Maschine, die ausschließlich mechanische Energien ineinander umwandeln würde, ohne dabei Wärme zu erzeugen und abzugeben, gibt es nicht.

Ist die Energieform „Wärme“ also nur ein Bilanztrick, um die Idee der Energieerhaltung rechnerisch anzupassen an unsere realen Erfahrungen? Es war vor 100 Jahren Emmy Noether, die mit brillanter mathematischer Beweisführung zeigte, dass die Erhaltung der Energie mehr ist als ein empirisches Prinzip, das wir der Natur mit eigens erfundenen Energieformen aufzwingen. Energie-Erhaltung ergibt sich vielmehr zwangsläufig aus der Zeit-Symmetrie physikalischer Gesetze. Zeit-Symmetrie heißt: Jedes Experiment kommt heute zum gleichen Ergebnis wie morgen oder wann auch immer. Vom Urknall an bis in alle Zukunft wird die Geschichte dieses Universums von Gesetzen bestimmt, die sich nicht verändern. Das hört sich einfach an. Es bedurfte aber der überragenden Mathematik-Künste Noethers, um mit Methoden der modernen Algebra die „Invarianten Variationsprobleme“ zu lösen, die sich aus den Symmetrie-Eigenschaften der Naturgesetze ergeben, und dadurch die Existenz der Erhaltungsgrößen der Physik als logische Folge abzuleiten.

Die Männerwelt der Mathematiker damals staunte: „Ich halte das weibliche Gehirn für ungeeignet zur mathematischen Produktion; Frl. N. halte ich aber für eine der seltenen Ausnahmen“, so der Göttinger Mathematiker Edmund Landau. Obwohl auch viele weitere Forscher wie Albert Einstein oder David Hilbert ihre genialen „Produktionen“ anerkannten und bewunderten, hatte ein „Frl.“ jenseits von Putztätigkeiten und dergleichen laut eines preußischen Erlasses trotzdem nichts zu suchen an einer Universität.

Erst in der Weimarer Republik wurde Frauen neben dem Wahlrecht auch das auf eine Universitätskarriere zugebilligt. 1919 wurde Noether als erste deutsche Frau habilitiert und als Privatdozentin in Göttingen zugelassen. Eine ordentliche Professur aber erhielt sie Zeit ihres Lebens nicht. 1933 entzogen die Nationalsozialisten ihr wie ihren männlichen jüdischen Kollegen die Lehrbefugnis wieder durch das „Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums“. Sie emigrierte in die USA. Zwei Jahre später starb sie.

Das Noether-Theorem ist nach Meinung vieler Naturwissenschaftler der schönste aller mathematisch-physikalischen Sätze. Vielleicht sollte man doch einmal eine Straße der Hauptstadt nach ihr benennen. Und dann auch gleich eine nach Julius Robert Mayer, denn die gibt es bisher auch nicht

Für Einstein war Emmy Noether eine „Poetin logischer Ideen“