



Svante Arrhenius



Arvid Högbom

mit dem Rätsel der Eiszeiten. Nach langem Rechnen kam er 1896 zum Ergebnis, dass die Erde etwa fünf Grad kälter wäre, wenn die Luft nur halb so viel Kohlendioxid enthielte. Das könnte also erklären, wieso die Eiszeiten so kalt waren. Aber wie und weshalb die Kohlendioxidmenge in den Eiszeiten geringer gewesen sein sollte, das wusste Arrhenius nicht zu sagen. Er wandte sich an einen Kollegen, den Geologen und Meteorologen Arvid Högbom (1857 bis 1940), der sich schon länger mit dem Kohlendioxid in der Luft beschäftigte: Er untersuchte, woher das Kohlendioxid in der Luft ursprünglich kommt (nämlich aus Vulkanen), wie lange es dort bleibt (sehr lange) und wohin es wieder verschwindet (zum Beispiel in den Ozean). Dabei war Högbom eine verrückte Idee gekommen. Er hatte ausgerechnet, wie viel Kohlendioxid die Menschen durch das Verbrennen von Kohle erzeugen. Zu seiner Überraschung ergab die Berechnung, dass die Menge des menschengemachten Kohlendioxids in etwa der Menge aus natürlichen Quellen entsprach. Damit war das bislang herrschende Gleichgewicht von Zu- und Abfluss gestört, weil der Zufluss von Kohlendioxid in die Atmosphäre sich ungefähr verdoppelt hatte. Und das müsste einen Anstieg der Temperatur zur Folge haben, wenn die Rechnungen von Arrhenius stimmten.

Högbom ermunterte seinen Kollegen Arrhenius, seine Berechnungen für die doppelte Menge an Kohlendioxid in der Luft zu wiederholen. Dabei kam heraus, dass durch sie das Klima weltweit um vier bis sechs Grad aufgeheizt würde! Arrhenius fand das übrigens eine tolle Sache, vielleicht weil er im kalten Schweden wohnte. Ohnehin glaubte er anfangs, dass es Jahrtausende dauern würde, bis sich tatsächlich die doppelte Menge CO_2 in der Luft angesammelt hätte. Ein Kollege schlug sogar vor, ungenutzte Kohleflöze einfach anzuzünden, damit es schneller wärmer wird! An die Folgen,

wie zum Beispiel den Anstieg des Meeresspiegels, hat man damals offenbar noch nicht gedacht. Das Ganze war ohnehin eher ein nebensächliches Kuriosum – was den Forschern damals wirklich interessant und wichtig erschien, das war die Erklärung der Eiszeiten.

Ångströms Denkfehler

Meist verändern Forscher ja die Wissenschaftsgeschichte durch ihre genialen Geistesblitze oder weil sie beharrlich im Labor der richtigen Messung auf der Spur sind. Manchmal passiert es aber auch einfach durch einen dummen Denkfehler. Denn was nun geschah, ist ein schönes Beispiel für die seltsamen Irrwege, die die menschliche Geistesgeschichte manchmal geht, und es warf die Kohlendioxidtheorie für Jahrzehnte zurück. Ein anderer Schwede, Knut Ångström (1857 bis 1910), veröffentlichte im Jahr 1900 Messungen, aus denen er schloss, dass mehr Kohlendioxid in der Luft das Klima gar nicht aufheizen könne. Denn die gesamte Wärmestrahlung werde durch die bereits vorhandenen Mengen an Kohlendioxid und Wasserdampf aufgenommen. Mehr würde gar nichts mehr bringen! Das wäre so, als wenn man einen Vorhang zuzöge in einem Raum, der ohnehin schon durch einen Rollladen abgedunkelt ist – wenn schon kein Licht mehr durchkommt, macht ein Vorhang den Raum auch nicht noch dunkler.

Das klang plausibel und überzeugte vor hundert Jahren die Forscherkollegen. Die CO_2 -Theorie galt den meisten von da an als mausetot. Und doch hatte Ångström einen fatalen Denkfehler begangen. Und weil sich kaum jemand weiter mit dem Thema beschäftigte, war es erst der Zweite Weltkrieg, der den Fehler zutage brachte.

Wegen des Krieges, der fast sechs Jahre lang dauerte, von 1939 bis 1945, interessierte man sich für alles, was mit Luft und Meeren zu tun hatte, denn die Kämpfe wurden auch am Himmel und zur See ausgetragen, und jedes Wissen konnte strategische Vorteile bedeuten. So wurden genaue Messungen gemacht, wie die Luft Wärmestrahlung aufnimmt, und zwar auch bei geringem Luftdruck und eisiger Kälte, wie sie weit oben in der Atmosphäre vorkommen. Dort in den höheren Luftschichten – darüber haben wir in Kapitel 3 schon gesprochen – strahlt die Erde Wärme ins Weltall ab.

Aufgrund dieser Kriegsforschungen entdeckte man nun, dass es dort oben weder genug Wasserdampf noch genug Kohlendioxid gab, um alle Strahlung aufzunehmen. Geriete jedoch mehr Kohlendioxid in die oberen Regionen der Atmosphäre, würde das zusätzliche Kohlendioxid auf jeden Fall weitere Wärmestrahlung aufhalten und damit das Klima anheizen. Dass in Bodennähe der Treibhauseffekt vielleicht schon gesättigt ist, spielt dabei keine Rolle. Wenn unten »alles dicht ist«, dann entweicht die Wärmestrahlung eben erst aus 5 Kilometern Höhe ins All. Und wenn ich viel mehr CO₂ hinzufüge, vielleicht erst aus 6 oder 7 Kilometern Höhe – das würde schon 6,5 Grad Celsius beziehungsweise 13 Grad Celsius Erwärmung am Boden bedeuten, wie wir in Kapitel 3 gelernt haben.

Erst ein halbes Jahrhundert nach der Vorhersage von Arrhenius, dass die Wärme zunehmen werde, wurde nun klar: Er hatte doch recht gehabt! Was wäre wohl passiert, wenn sein Ergebnis schon fünfzig Jahre früher ernst genommen und nicht erst ungläubig beiseitegeschoben worden wäre? Hätte die Menschheit dann womöglich schon Jahrzehnte früher erkannt, wie sie das Klima aufheizt? Darüber kann man heute nur noch spekulieren.

Wieso sind Sonnenuntergänge rot?

Bei Sonnenuntergang wie auch bei Sonnenaufgang fällt das Licht ganz schräg auf die Atmosphäre und legt einen besonders langen Weg durch die Luft zurück, bis es unser Auge erreicht. Die blauen Farbanteile werden dabei weggestreut und vor allem die roten kommen durch.

Kann man das messen?

Vor fünfzig Jahren wandten sich dann erstmals wichtige Forscher an die Öffentlichkeit und warnten davor, dass der Mensch durch die Verbrennung von Kohle, Öl und Gas das Klima aufheizt. Neue Berechnungen hatten zudem gezeigt, dass dies viel rascher vonstattengehen könnte als zunächst gedacht. Einer von ihnen, Roger Revelle (1909 bis 1991), der eine Zeitlang Scripps, das wichtigste Meeresforschungsinstitut in den USA, leitete, sagte damals: »Die Menschheit macht einen einzigartigen geophysikalischen Großversuch mit unserem Planeten, wie er noch nie vorher gemacht worden ist und wie er auch niemals wiederholt werden kann.«

Aber man wusste noch nicht einmal, ob und wie schnell die Kohlendioxidmenge in der Luft überhaupt zunahm. Die Messungen, die es dazu gab, waren umstritten und ungenau. Viele hielten es für unmöglich, CO₂ in der Luft genau genug zu messen, um überhaupt eine Veränderung festzustellen – schließlich ist es ein sogenanntes Spurengas, das nur den Bruchteil eines Promilles der Luft ausmacht! Und bei allen bisherigen Versuchen, es zu messen, schwankten die Werte wild – je nach Ort, Zeit und Windrichtung.

Da heuerte Revelle einen jungen Mann an, der zwei entscheidende Eigenschaften in sich vereinte. Erstens liebte er die Wildnis, und er war deshalb auf der Suche nach einem Job, bei dem er möglichst viel Zeit in freier Natur verbringen konnte. Forscher werden oft von solcher persönlichen Vorlieben angetrieben, wenn sie abwegige Ideen verfolgen – zum Glück, denn sonst wäre so manche bahnbrechende Entdeckung nie gemacht worden. Und zweitens war dieser junge Mann einer jener Tüftler, die besessen davon sind, etwas ganz genau messen zu wollen und dabei auch noch das letzte Quäntchen



Roger Revelle