

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

■ Reaktor statt Bombe

Zu: *Physik Journal*, März 2018, S. 55

In dem Beitrag „Bombe oder Reaktor“ bezieht sich Mark Walker auf meine Veröffentlichungen, in denen ich die physikalischen Aspekte des „Uranprojekts“ beleuchtet habe [1]. Die überlieferten „Geheimberichte“ der deutschen Physiker um Werner Heisenberg und der Fortschrittsbericht des Heereswaffenamtes (HWA) vom Februar 1942 zeigen, welche Kenntnisse die deutschen Physiker hatten und welche ihnen fehlten. Aus den durchgeführten Untersuchungen und mehr noch aus den unterlassenen, obwohl möglichen Experimenten oder theoretischen Berechnungen ergibt sich auch ein Abbild ihrer Forschungsintentionen.

Über die Atombombe wussten die deutschen Physiker, dass sie wahrscheinlich möglich sein würde, nicht aber, wie sie realisiert werden könnte. Das HWA konnte im Februar 1942 nur zwei Geheimberichte zu einem nuklearen Sprengstoff zitieren. Heisenberg hatte in seine Reaktortheorie vom Dezember 1939 zwanzig Zeilen eingefügt, die von einem explodierenden Reaktor handeln. Nach einem zweiten darauf aufbauenden Bericht seines Assistenten Müller vom Mai 1940 gibt es kein einziges weiteres Zeugnis eines Nachdenkens über die Bombe. Dass sie ihre große Sprengkraft aus thermodynamischen Gründen nur mit schnellen Neutronen erreichen kann, war unbekannt. Das belegt der HWA-Bericht amtlich.

Auch alle anderen Aspekte fügen sich für den Physiker zu einem Bild ohne innere Widersprüche: Der „Uranverein“ hat sich auf den Reaktor konzentriert und sich nicht mit der Bombe beschäftigt.

Sowohl für das Ansehen der Physiker, die unter dem Nationalsozialismus arbeiten mussten, wie auch heute noch für uns Physiker in Deutschland ist es wichtig zu wissen, ob Heisenberg wirklich, wie Walker schreibt, „an Kernwaffen für Hitler forschte“, oder ob die Dokumente belegen, dass er während des Krieges nie versucht

hat, eine Physik der Bombe zu entwerfen, und alles getan hat, die Umwandlung des bescheidenen Uranprojekts in ein militärisches Großprogramm zu vermeiden. Das kann man bald in meinem Beitrag im Jahrbuch 2018 der Werner Heisenberg-Gesellschaft nachlesen.

Ich würde es begrüßen, wenn die Diskussion der physikalischen Aspekte des deutschen Uranprojekts, von denen ich hier nur einige wenige andeuten konnte, im *Physik Journal* geführt werden könnte.

Manfred Popp

[1] M. Popp, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 39, 265 (2016) und *Spektrum der Wissenschaft*, Dezember 2016, S. 12

■ Ein großes Problem

Zu: *Physik Journal*, Feb. 2018, S. 3

Ich hatte mich sehr über die pragmatische, ideologiefreie und gleichzeitig lösungsorientierte Beschreibung der Energiewende von Christoph Buchal gefreut. Die Leserbriefe in der April-Ausgabe haben mich dann zumindest stauen lassen, um bei der Wortwahl der Überschriften zu bleiben. Beide Leser wollen die Energiewende. Die vorgeschlagenen Lösungsansätze für die dann mehr oder weniger CO₂- und atomstromfreie Energieerzeugung beschränken sich auf das Plusenergiehaus bzw. eine stärkere Regulierung im PKW-Markt sowie die Sicherheit, dass wir über ausreichend weit entwickelte technische Möglichkeiten verfügen.

Diesen Lösungsansätzen möchte ich eine kurze Skizzierung der Größenordnung des eigentlichen Problems entgegenstellen: Wir brauchen ein Energiesystem, das einer Dunkelflaute gewappnet ist. Wir brauchen also einen Kraftwerkspark, der permanent etwa 70 GW Leistung liefern kann, oder rund 30 TWh Speicher. Zum Vergleich: Die gesamten Pumpspeicherkraftwerke in Deutschland besitzen etwa 40 GWh Speicherkapazität.

Die schiere Größe dieses Problems muss jedem klar sein, der die Energiewende will. Stand jetzt wird ein fossiler Kraftwerkspark benö-

tigt, der ebenso groß ist wie der heutige, allerdings flexibler und zudem ein ebenso leistungsfähiger Power-To-Gas-Park. Ersteres ist technisch machbar, hier wird „nur“ zu klären sein, wie die Kraftwerke zu bezahlen sind.

Allen Protagonisten der Energiewende muss klar sein, dass sich die Größenordnung des skizzierten Problems nicht ändern wird, nicht durch einige weitere 10 Prozentpunkte Effizienzsteigerung, nicht durch z. B. eine Verfünffachung der EE-Leistung, nicht durch eine Sektorenkopplung (die eher einen noch größeren Strombedarf bewirkt), nicht durch Batterie- oder Pumpspeicher (man beachte die nötigen Größenordnungen), nicht durch das europäische Gesamtnetz (es kann auch über großen Teilen Europas eine Dunkelflaute herrschen) und auch nicht durch effiziente Gebäude oder Plusenergiehäuser, die nur in der Jahresbilanz Energie erzeugen, in einer Dunkelflaute aber Energie beziehen müssten.

Gerne würde ich andere konkrete Lösungsvorschläge sehen. Bis dahin wäre es, wie von Christoph Buchal geschrieben, geboten und schlicht ehrlich, von utopischen Zielen wie 95 % weniger CO₂-Emissionen bis 2050 abzurücken.

Dave Hartig

■ Hinderlicher Vergabe-Modus

Zu: *Physik Journal*, März 2018, S. 24

Die Europäische Kommission stellt für die Förderung der Quantentechnologien mehrere hundert Millionen Euro bereit. Diese Mittel sollen nicht direkt an Forschungsgruppen mit brillanten Projekten oder Ideen vergeben werden, sondern an Konsortien von Forschungsgruppen, die in möglichst vielen Ländern der EU und assoziierten Staaten beheimatet sind.

Aufgrund meiner Erfahrungen in den 90er-Jahren, als ich an mehreren ähnlich aufgelegten (TMR-) Programmen teilnahm, behindert dieser Vergabe-Modus die Effizienz des Programms. Er stellt zwar sicher, dass praktisch jeder Part-

Prof. Dr. Manfred Popp, Karlsruhe Institut für Technologie

Dave Hartig, M.Sc., Braunschweig
Prof. Dr. Dieter W. Pohl, Basel

Dr. Felix Schumacher, Essen

nerstaat seinen Anteil am Kuchen erhält, aber das ist nicht Zweck eines auf Exzellenz zielenden Forschungsprogramms.

Stark grundlagenorientierte Programme wie das Quantum Technologies Flagship brauchen zündende Ideen, vor allem in der ersten Phase. Solche Ideen kommen von einzelnen Forschern oder kleineren, eng zusammenarbeitenden Forschungsgruppen. Ihnen direkt Mittel zu geben, ist sparsamer und verantwortungsbewusster, als sie in Konsortien hineinzuzwingen.

Wenn aus der „Idee“ ein verifiable Projekt geworden ist, kann die Zusammenarbeit mit Partnern durchaus sinnvoll sein. Welche Partner jedoch benötigt werden, stellt sich dann heraus – nicht zu Beginn der Förderung.

Dieter W. Pohl

■ Strapazierfähiger Apparat

Zu: *Physik Journal*, Mai 2018, S. 27

Im linken Bild aus Abb. 2 ist die Dichte der Elektronen vor und hinter dem Verbraucher unterschiedlich gezeichnet. Dazu im Text: „sorgt die Batterie im didaktisch vereinfachten Elektronengasmodell für eine Ungleichverteilung der Elektronen im Kupferleiter.“

Nun ist es eine selbstverständliche Aufgabe des Physikunterrichts zu vermitteln, dass die Stromstärke in einem unverzweigten Stromkreis, wie er hier vorliegt, überall gleich groß ist. In Verbindung mit dem von den Autoren vorgestellten Modell müssten dann die Schülerinnen und Schüler folgern, dass die (Drift-)Geschwindigkeit der Elektronen vor dem Verbraucher geringer ist als dahinter. Also müsste der Verbraucher die Leitungselektronen beschleunigen, also an den Elektronen Beschleunigungsarbeit verrichten. Genau das Gegenteil ist der Fall: Im Verbraucher wird Arbeit frei. Eine inkompressible Flüssigkeit würde einen besseren Vergleich mit den Elektronen liefern.

Ich habe während meiner Zeit als Physiklehrer die Erfahrung gemacht, dass viele Erklärungs-

modelle nur begrenzt tauglich sind, weil sie leicht zu Fehlschlüssen führen. Mir war stattdessen wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler nicht für jeden Aspekt der E-Lehre ein neues Modell lernen mussten, sondern einen strapazierbaren Begriffsapparat entwickelten, auf den sie in den Folgejahren mit gutem Gewissen aufbauen konnten.

Felix Schumacher

Erwiderung von Jan-Philipp Burde und Thomas Wilhelm

Ein Experte könnte tatsächlich aus einer angenommenen Ungleichverteilung der Leitungselektronen im Stromkreis auf eine unterschiedliche Driftgeschwindigkeit vor bzw. nach einem Widerstand schließen. Um den Lernenden eine solche Vorstellung nicht nahezulegen, verwenden wir die unterschiedlichen Teilchendichten nur zur Einführung des elektrischen Drucks bzw. Potentials an offenen Stromkreisen und greifen für die Betrachtungen geschlossener Stromkreise auf die Farbcodierung des elektrischen Potentials zurück. Dieses Vorgehen scheint nach unserer Studie nicht zu Verständnisschwierigkeiten zu führen. Die Oberflächenelektronen im am Minuspol angeschlossenen Draht haben eine größere Dichte als in dem Draht, der am Pluspol angeschlossenen ist [1].

Eine Analogie mit einer inkompressiblen Flüssigkeit ist zwar fachlich korrekter, jedoch konnten mehrere Studien zeigen, dass das Modell des ebenen, geschlossenen Wasserkreislaufs für Schüler nicht hilfreich ist [2]. Denn sie haben keine Erfahrungen mit Wasserdruck in geschlossenen Rohrsystemen. Zudem unterscheidet sich Wasser unter hohem Druck nicht sichtbar von Wasser unter geringem Druck. Bei einem kompressiblen Gas ist der Druck proportional zur Teilchendichte besser vorstellbar und ein darauf aufbauendes Modell deshalb lernförderlicher.

[1] R. W. Chabay und B. A. Sherwood, *Matter and Interactions*, Wiley (2015)

[2] J.-P. Burde und T. Wilhelm, In: *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht*, Aulis (2018)