

Wissenschaft braucht Strom

Die Energiewende im Spiegel von Fakten

| HANS H. BRAND | Die Energiewende für Deutschland wird seit langem sehr kontrovers diskutiert. Neben den vielfach thematisierten ökologischen Fragen wird wenig beachtet, dass Speicher notwendig sind, wenn die Stromversorgung nur noch von wetterabhängigen Quellen kommen soll. Von einer nicht mehr sicher kontinuierlichen und frei verfügbaren Stromversorgung wären nicht nur massiv die gesamte Volkswirtschaft, sondern in empfindlicher Weise auch die Wissenschaft in Deutschland betroffen. Eine Analyse.

Bei diesem Titel wird sich mancher Leser fragen, wieso Strom-„Gebrauch“ in der Wissenschaft überhaupt ein Thema ist. Diese Frage ist berechtigt, denn bis heute war „das auch nicht der Rede wert“, weil bislang die Versorgung der Volkswirtschaft in Deutschland mit Strom zu den zuverlässigsten der Welt zählte. Dies könnte mit Fortschreiten der sogenannten deutschen Energiewende bald nur noch ein Wunschtraum der zuständigen Fachleute werden, sein Ausfall jedoch eine Horrorvorstellung für alle Strom-Nutzer in der Wissenschaft, ja für die Gesellschaft in Deutschland insgesamt.

Wo wird heute in der Wissenschaft Strom gebraucht?

Natürlich denkt man hier zunächst an die Forschung in den experimentierenden Natur- und Ingenieurwissenschaften, sei es in Hochschulen oder in außeruniversitären Einrichtungen, wie z.B. der Max-Planck-Gesellschaft oder den Fraunhofer-Instituten.

Aber natürlich ist auch die theoretische Forschung und die Lehre in allen Wissenschaftsdisziplinen heute hoch-

gradig elektrifiziert; hier seien nur als Stichworte genannt: PC, Rechenzentren, Internet, optische und akustische Präsentation im Hörsaal oder im Praktikum, online-Recherche und -Publikationen. Als ein weiterer wichtiger, ja zum Teil lebenswichtiger Bereich dürfen nicht vergessen werden die Kliniken und im weiteren Sinne die gesamte Krankenversorgung.

Kein Röntgengerät, kein Endoskop, keine OP-Leuchte, ja nicht mal ein EKG läuft ohne Strom – und auch keine Pumpe der Trinkwasserversorgung.

Wie wurde Strom zuverlässig erzeugt?

Der jährliche Verbrauch an Strom, genauer an elektrischer Energie, liegt derzeit in Deutschland bei etwa 600 Milliarden Kilowattstunden (= 10^{12} Wh). Natürlich ist der tagesaktuelle Verbrauch örtlich und zeitlich schwankend, aber das Konzept einer zuverlässigen Stromversorgung beruhte auf dem Prinzip, in den Kraftwerken gerade immer soviel zu erzeugen wie auch verbraucht wird. Dies nennt man Netzstabilität. Sie konnte bisher gut erfüllt werden von sogenannten thermischen Kraftwerken

(TKW), deren Primärenergieträger, nämlich Kohle, Öl, Erdgas oder Uran, vor ihrem thermischen Einsatz quasi im Hof der Anlage gelagert, d.h. als chemische Energie oder Kernenergie gespeichert wurden. Wegen dieser Art von Energiespeicherung war die Stromerzeugung jederzeit durchführbar und zuverlässig stabil. Die rund hundert Strom-Generatoren müssen dabei im „Gleichklang“ laufen, was gut beherrschbar ist. Dieses Konzept funktioniert auch noch heute, solange nicht alle Kernkraftwerke abgeschaltet sind und solange nur ca. zwölf Prozent aus sogenannten volatilen Kraftwerken zur Stromerzeugung zugemischt werden. Für die Netzstabilität sorgen die großen thermischen Kraftwerke. Als volatil bezeichnet man Kraftwerke, deren Stromerzeugung unvorhersehbar schwankt, wie bei Windkraftwerken (WKW) durch Windflauten bzw. Turbulenzen oder bei Solar-Photovoltaik-Kraftwerken (SKW) durch Tag-Nachtwechsel bzw. Wolkenabschattungen. Dagegen haben Wasser-, bzw. Hydro-Kraftwerke (HKW), bei denen strömendes Wasser über Turbinen die Generatoren antreibt, den Vorteil – ähnlich den TKW – dass der Primärenergieträger, nämlich höher gelegenes Wasser, im Stausee oder Oberlauf eines Flusses bzw. dessen Quellgebiet gespeichert werden kann, sodass auch sie kontinuierlich arbeiten können. Biogas-Kraftwerke (BKW) verbrennen künstlich (z.B. aus Mais oder Restholz) erzeugtes Methan wie Erdgas-befeuerte Kraftwerke kontinuierlich, solange der Gas-Vorrat im Speicher reicht.

Was ist das Ziel der Energiewende?

Soweit bis heute bekannt sollen bis zum Jahr 2022 alle Kernkraftwerke (KKW),



AUTOR

Hans H. Brand, em. Professor für Elektrotechnik, leitete von 1969-98 den Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) in Erlangen, von 1983-85 den Deutschen Fakultätentag Elektrotechnik und von 1985-87 als Dekan die Technische Fakultät an der FAU.



Foto: picture-alliance

die bisher ca. 20 Prozent zur Stromproduktion beisteuerten, und längerfristig alle anderen TKW, die fossile Energieträger verfeuern, in Deutschland abgeschaltet werden. Als Ersatz für diesen 80 Prozent Anteil wird erwartet, dass Kraftwerke mit so genannten erneuerbaren Energien (also aus Wind, Sonne, Wasser und Biogas) die Stromversorgung bereitstellen.

Wasserkraftwerke sind im relativ regenreichen Deutschland eine wunderbare Lösung; die ersten wurden schon vor rund 90 Jahren gebaut. Sie hinterlassen keine Abgase und keinen Müll und können im Prinzip kontinuierlich arbeiten. Auch Biogaskraftwerke können kontinuierlich arbeiten. Da das bei der Verbrennung entstehende Kohlendioxid (CO₂) vorher von den heute wachsenden Pflanzen der Atmosphäre durch natürliche Photosynthese entnommen wurde, gelten sie auch als CO₂-neutral. Für das Wachsen der „nachwachsenden Primärenergieträger“ wie z.B. Mais benötigen BKW allerdings landwirtschaftlich nutzbare Böden und damit konkurrieren sie mit der Lebensmittelproduktion.

Wegen nicht ausreichender Anbauflächen lieferten BKW im Jahr 2011 nur einen Beitrag von sechs Prozent zur Jahresstromproduktion und wegen nicht genügend geeigneter Landschaft (d.h. Mittelgebirge mit Hochtälern) in

Deutschland kommen seit langem Wasserkraftwerke nur auf einen kleinen Beitrag, in 2011 z.B. auf vier Prozent.

Wind- und Sonnenkraftwerke brauchen Speicher

Windmühlen lassen sich dagegen auf Flächen betreiben, die auch noch für den Getreideanbau oder die Fischerei genutzt werden können und unter Photovoltaik-Paneelen auf dem Dach kann man sogar wohnen. Das Problem dieser Kraftwerke ist ihre extrem hohe Leistungsschwankung bzw. Nichtbetriebsfähigkeit, da man die Primärenergie „be-

»Das Problem von Wind- und Photovoltaik-Anlagen ist ihre hohe Leistungsschwankung.«

wegte Luft“ bzw. „einstrahlende Sonne“ nicht vor der Stromerzeugung speichern kann. Diese Kraftwerke arbeiten volatil, also nur unregelmäßig in Teilzeit. Deshalb braucht man für sie entsprechende Speicher für den bereits erzeugten Strom und ferner mehr als von thermischen KW, die in Vollzeit arbeiten.

Die größere Anzahl an Teilzeit-KW führt zu einem Kostenproblem und zu mehr Leitungen. Die Großspeicherung des sporadisch erzeugten Stromes wäre

denkbar mittels der heute verfügbaren Pumpspeicherwerke (PSW). Das sind Wasserkraftwerke, die außer dem hoch gelegenen Oberbecken auch noch ein tiefer als das KW-Gebäude gelegenes Unterbecken mit genügendem Wasservolumen besitzen, aus dem bei „Stromüberschuss“ im Netz Wasser mittels Motoren und Pumpen ins Oberbecken befördert wird. Dadurch wird elektrische Energie, z.B. wenn der Wind kräftig weht oder die Sonne lacht, in mechanische Lage-Energie (Masse · Höhe) umgewandelt. Bei Strombedarf, in Zeiten von Windflauten oder nachts, strömt

das Wasser wieder abwärts und erzeugt Strom wie in einem einfachen Wasserkraftwerk. Dies ist eine ökologisch gut verträgliche und auch noch wirtschaftlich

(bei 75 Prozent Speicherwirkungsgrad) akzeptable Lösung. Pumpspeicherwerke haben nur einen großen Nachteil: es gibt in Deutschland für sie zu wenig geeignete Mittelgebirgslandschaft. Die gesamte heute verfügbare Speicherkapazität von 40 Millionen Kilowattstunden (= $4 \cdot 10^{10}$ Wh) ist zwar sehr beeindruckend, jedoch verglichen mit dem Jahresbedarf von 600 Milliarden Kilowattstunden (= $6 \cdot 10^{14}$ Wh) sind $4 \cdot 10^{10}$ Wh gerade mal rund 0,07%!

Nun werden Wind- und Solar-KW sicher nicht ein ganzes Jahr ausfallen aber bei entsprechender Wetterlage doch mal einen 24 Stunden-Tag, an dem im Mittel immer noch $1,7 \cdot 10^{12}$ Wh „gebraucht“ würden. Müssten dann die PSW liefern, so wären schon nach 0,58 Stunden sprich rund 35 Minuten alle Oberbecken leer und das Stromnetz „ohne Saft“.

Diese enttäuschende Bilanz wundert nicht, wenn man die Energiedichten betrachtet. Um 1 Kilowattstunde (kWh) elektrische Energie zu erzeugen, muss man (im theoretischen Idealfall) aus Lageenergie 3,7 t Wasser 100 m fallen lassen, aus

Molekülenergie aber nur z.B. 89 g Erdgas verbrennen und aus Kernenergie z.B. nur 40 µg Uran spalten. Das heißt in Worten: Um dieselbe Menge an elektrischer Energie zu erreichen, braucht man bei chemischen Energieträgern (wie z.B. Kohle, Öl, Methan) rund 1 Millionen mal mehr primäre Stoffmasse als bei nuklearen Energieträgern (z.B. Uran, Thorium) und bei Nutzung mechanischer Energieträger (hoch gelegenes Wasser, bewegte Luft) braucht man noch mal Hunderttausend bis Millionen mal mehr Masse als bei chemischen Energiestoffen. Das gleiche Verhältnis gilt bei Speicherung.

Diese Fakten machen verständlich, warum die Stromgewinnung aus fossilen bzw. nuklearen Energierohstoffen bisher relativ wenige einzelne Kraftwerke bzw. Standorte bzw. Leitungen benötigte, viel weniger als die Stromgewinnung aus vielen, sehr sehr vielen „erneuerbaren“ Kraftwerken und, damit in Zukunft kostenintensiver sein wird.

Ersatzlösungen

Da nun die notwendigen Pumpspeicherwerke nicht in ausreichender Zahl vorhanden sind, wird als „Ersatz“ vorgeschlagen, noch vorhandene TKW z.B. Gaskraftwerke am Netz zu belassen, bzw. neue zu bauen, um die Versorgungslücken der „Teilzeit“-Kraftwerke zu überbrücken. Da Gaskraftwerke aber keine Speicher sind, können sie andererseits, wenn der Wind gut weht, dessen Strom nicht aufnehmen, der dann bei interner Netzüberlastung ins Ausland exportiert und z.T. verschenkt werden muss.

Manche Medien kommentieren Berichte darüber mit der Folgerung, wir hätten (immer noch) zu viele Kraftwer-

ke, erkennen aber nicht, dass an windstillen Tagen und nachts Strom importiert werden muss. Über den Fast-Blackout im Februar 2012, als bei sehr kalter Witterung Franzosen und Tschechen ihren Strom selber „verheizen“ wollten, wurde nur sehr verhalten mitgeteilt, dass in Österreich ein stillgelegtes Öl-KW kurzfristig reaktiviert werden musste, um in Deutschland einen Netzzusammenbruch in letzter Minute abzuwenden.

»Das eigentliche Ziel der »Smart Grid«-Version ist noch nicht geklärt.«

Ein ganz anderes Hilfsangebot kommt von der Informations- und Kommunikations-Technologie (IKT) mit dem Vorschlag, dem eigentlichen „Starkstrom“-Transport-Netz ein so genanntes intelligentes IK-Netz zu überlagern. Das eigentliche Ziel dieser als „Smart Grid“ bezeichneten Vision ist nach eigener Darstellung aber noch nicht ganz geklärt; nur soviel lässt sich heute schon entnehmen: mit seiner Hilfe soll schnell erkannt und dann „organisiert“ werden, wo Strom angeboten und wo gebraucht wird. Das immer wieder aufgeführte Beispiel, dass man der Hausfrau die bereits vorbereitete Waschmaschine erst um 22 Uhr (per Fernsteuerung) einschaltet (weil der

»Wäre es nicht sinnvoll, Kernkraftwerke durch Gaskraftwerke zu ersetzen?«

Strom dann billig sei) mag ja noch ein mildes Lächeln hervorrufen, aber einem Uni-Rechenzentrum oder einem Max-Planck-Labor den Strom zuzuteilen, wenn der „Organisator“ oder das automatische Smart Grid-Programm es will, ist schon bedenklicher. Würde eine Strom-Zuteilungsbürokratie gar in die Krankenversorgung eingreifen und z.B. lebenserhaltende Geräte in einer Intensivstation bei Strommangel abschalten, so sehen das wohl die meisten als eine menschenverachtende Anmaßung an. Und noch ein Punkt: Das organisierende IK-Netz würde ja wohl eine Internet-ähnliche Struktur aufweisen oder gar Teil des Internets sein, dessen Anfälligkeit für Cyberkriminalität wohl inzwischen allseits bekannt ist. Wollen wir

uns in Wissenschaft oder Wirtschaft oder einfach auch privat der Gefahr aussetzen, von einem böswilligen Konkurrenten per Hacker-Mausklick den Strom abgeschaltet zu bekommen? Aber selbst wenn ein Smart Grid ohne Fremdstörung sicher funktionieren würde und seine Zuteil-Funktion demokratisch legitimiert wäre – was es nicht kann: bei ausschließlichem Betrieb von erneuerbaren Quellen die notwendigen Speicher schaffen oder Investoren überzeugen, Gaskraftwerke nur als Lückenbüller zu bauen, die, wenn Sonne und Wind boomen, gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz wieder abgeschaltet werden müssen und deshalb unrentabel sind.

Wäre es dann nicht viel sinnvoller, alle Kernkraftwerke, wenn sie denn schon politisch nicht mehr akzeptiert werden, systematisch durch Gaskraftwerke zu ersetzen und 24 Stunden pro Tag zu betreiben und damit eine kontinuierliche Stromversorgung sicherzustellen? Die schon installierten Sonnen- und Windkraftwerke könnten – z.T. vom öffentlichen Stromnetz getrennt – über Elektrolyse Wasserstoff (H_2) und mit dem CO_2 der Luft Methan (CH_4) (oder andere Kohlenwasserstoffe) produzieren und somit das von den Gaskraftwerken emittierte CO_2 rückgewinnen. Die Speicherung der von den Teilzeitkraftwerken gelieferte Energie in chemischer Form (als H_2 z.B. mit organischen Flüssigkeiten [Carbazol] oder als künstliches Erdgas [CH_4]) wäre viel raumeffektiver als in mechanischer Form, allerdings sehr teuer. Das vorhandene Ferngasnetz könnte jedoch anstelle von neuen

Stromtrassen für den Nord-Süd-Transport genutzt werden.

Diese Lösung erfüllt die für die Wissenschaft und natürlich für die ganze Volkswirtschaft wichtigste Forderung, nämlich die nach einer sicheren kontinuierlichen Stromversorgung. Sie ist kernkraftfrei und CO_2 -neutral und damit „ökologisch korrekt“. Wenn sie heute noch als zu teuer erscheint, könnte für eine Übergangszeit das z.Z. wieder preiswerte fossile Erdgas verfeuert werden. Langfristig könnte man von künstlicher Photosynthese noch eine andere Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft erhoffen, die dann neben der Chemie auch der Energieversorgung zugute käme.