Zeitschrift: Bulletin / Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten = Association Suisse des Professeurs d'Université

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten

Band: 32 (2006)

Heft: 4

Artikel: Das Problem der Stoffflüsse bei Energieumwandlungen

Autor: Eichler, Ralph

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-894075

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dort sollen Protonen mit bisher im Experiment noch nie erreichten Energien aufeinander geschossen werden. Wenn zwei Protonen aufeinander prallen, zerbersten sie in Quarks und Gluonen, deren hohe Energie E = m c2 sich in bisher noch unbekannten Elementarteilchen grosser Masse m materialisieren kann. So besteht begründete Hoffnung, am LHC das Higgsteilchen zu finden. Auch nach supersymmetrischen Partnerteilchen wird intensiv gesucht werden. Es ist eine aufregende Zeit in der Teilchenphysik, und wir werden hoffentlich bald mehr über die Probleme der Massenhierarchie oder der dunklen Materie lernen, und damit auch dem Ursprung der Masse einen weiteren Schritt näher kommen.

Das Problem der Stoffflüsse bei Energieumwandlungen

Prof. Dr. Ralph Eichler

Unser Wohlstand hängt wesentlich ab vom Zugang zu genügend und bezahlbarer Energie. Jeder Erdenbürger konsumiert heute im Durchschnitt 2000 Watt, wobei diese Leistung sehr unterschiedlich verteilt ist. Die USA führen die Spitze an mit rund 12'000 Watt, gefolgt von Europa mit 6í000 Watt. Im Vergleich dazu verbraucht ein Mensch ohne technische Hilfsmittel in Landwirtschaft, Haushalt und Industrie nur ca. 100 Watt. Es stellen sich die Fragen: Wie viel Energie kann unsere Erde in jeder Sekunde in einer gerechten Ressourcenverteilung jedem Menschen zubilligen? Können die Entwicklungsländer aufholen oder müssen die reichen Nationen abgeben?

Energie lässt sich weder erzeugen noch vernichten. Wir reden von primärer Energie, die aus primären Energieträgern wie Wind, Wasser in Stauseen, Kohle, Erdöl, Erdgas, Uran, Sonnenlicht, Erdwärme gewonnen wird, und von Endenergie wie Beleuchtung, Bewegung von Fahrzeugen und Maschinen, Wärme für Heizung, Kochen und industrielle Prozesse. Die physikalischen Gesetze bestimmen den maximalen Wirkungsgrad der Umwandlung von einer Energieform in eine andere. Der heikle Punkt ist hier - da keine Energie verloren gehen kann -, wie viel unbrauchbare Energie z.B. in Form von nicht verwertbarer Abwärme bei der Umwandlung entsteht.

Gefragte Ingenieurskunst zur Steigerung des Wirkungsgrades

Die Ingenieurskunst besteht nun darin, die technischen Geräte und Maschinen so zu konstruieren, dass der physikalische Idealfall möglichst nahe erreicht wird. Die Physik erlaubt aber auch einen ökonomischen Wirkungsgrad von über 100%. Mittels Wärmepumpe kann der Garten abgekühlt und die entzogene Wärme dem Haus zugeführt werden. Da die entzogene Wärme aus dem Garten gratis ist, erhält man mehr Wärmeenergie als der Betrieb der Wärmepumpe benötigt. Durch erhöhten Stromverbrauch wird also gesamtheitlich betrachtet Energie eingespart. Diese beispielhaft aufgezählten Effizienzsteigerungen bewirken also, dass bei gleich bleibender Endenergie der Verbrauch von primären Energieträgern gesenkt werden kann. Der Gesamtenergieverbrauch der Erdenbürger ist nur ein Zehntausendstel der Energie, welche die Sonne täglich auf unsere Erde strahlt. Der absolute Verbrauch ist also nicht das direkte Problem.

Oben wurden primäre Energieträger (Kohle, Uran, Erdgas etc.) erwähnt, alles Materien, aus denen primäre Energie gewonnen wird. Beispiele sind Wärmeenergie bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen sowie bei der Spaltung von Uran, Bewegungsenergie von Wasser beim Gefälle aus den Bergen. All diesen Beispielen gemeinsam sind die Stoffflüsse, wie der Entzug von nicht erneuerbarer Materie, wie der Ausstoss von Treibhausgasen (CO_2) oder anderen Schadstoffen (Russ, NO_x, Ozon), wie die Produktion von radioaktivem Abfall oder wie der Verbrauch von schützenswerter Landschaft durch Stauseen. Diese Stoffflüsse verursachen Klimaänderungen, Gesundheitsschäden oder finden, wie etwa bei den radioaktiven Abfällen, nur bedingte Akzeptanz in der Bevölkerung. Die Energiegewinnung aus Biomasse nimmt hinsichtlich der Treibhausproblematik eine neutrale Rolle ein. Bei der Verbrennung von Holz oder aus Holz gewonnenem Erdgas wird beispielsweise gleich viel CO_2 frei gesetzt wie die Natur zuvor mittels Photosynthese in das Holz eingebracht hat. Würde man das Holz im Wald verrotten lassen, entstünde ebenfalls CO_2 - eine Nutzung ist daher sinnvoller.

Hinsichtlich Stoffflüssen schneiden Sonnenkraftwerke (solarchemische, solarthermische oder Photovoltaik) und Windparks am besten ab. Auch hier gibt es mitunter Akzeptanzprobleme wegen des Landschaftsschutzes. Ihr grösster Nachteil ist jedoch der zeitlich schwankende Anfall der Energie. Da auch der Energieverbrauch sowohl im Tagesrhythmus als auch im Rhythmus der Jahreszeiten wechselt und zusätzlich eine stochastische Komponente aufweist, ist die Bereitstellung von zusätzlicher Regelenergie unabdingbar. Solange der Anteil der stochastischen Energiebeiträge prozentual klein ist, lassen sich die Schwankungen leicht regeln. Bei grösserem Anteil wird die Regelenergie aus z.B. Wasser- oder Gaskraftwerken immer wichtiger und trägt zu den Kosten der sauberen Energiequellen bei. Daher ist die Energiespeicherung ein wichtiges Thema für die Energieforschung.

Elektrischer Strom in grossen Mengen ist schwierig zu speichern

Elektrische Energie lässt sich sehr schwer in grossen Mengen speichern. Super-Kondensatoren oder Batterien können den kurzzeitigen Bedarf eines Automobils bei der Beschleunigung decken (50 kW für 10 Sekunden), wie bei Hybridfahrzeugen praktiziert). Aber ein Güterzug auf der Gotthardrampe benötigt 10 MW! Die Speicherung von grösseren Energiemengen lässt sich nur durch die Produktion von Energieträgern erreichen. Hierzu einige Beispiele:

1. *Wasserkraft:* Schon heute wird Wasser mit billigem Nachtstrom zu den Stauseen hinauf gepumpt. Tagsüber lässt man das Wasser wieder herunter fliessen und gewinnt einen Teil der Pumpenergie zurück. Die Methode rentiert, da Regelstrom tagsüber zu einem hohen Preis verkauft werden kann.
2. *Solarthermisch:* Die Sonne heizt ein Medium, wie z.B. Natriumsalz, auf und die gespeicherte Wärmemenge kann eine Nacht lang ein Kraftwerk bedienen.
3. *Solarchemisch:* Die Sonnenwärme spaltet Zinkoxid in Zink und Sauerstoff. Der Sauerstoff entweicht in die Atmosphäre. Die Sonnenenergie ist im Zink gespeichert. Bei Bedarf lässt man Zink mit Wasser reagieren und erhält Wasserstoff (den neuen Energieträger) und gewinnt das ursprüngliche Zinkoxid zurück. Der Wasserstoff lässt sich dann, z.B. in einer Brennstoffzelle, zusammen mit Sauerstoff in elektrische Energie und Wasser verwandeln.
4. *Elektrolyse:* Mittels elektrischer Energie wird Wasser gespalten in Wasserstoff und Sauerstoff (Umkehrprozess der Brennstoffzelle). Der Wasserstoff ist der neue Energieträger. Die Abwärme von Hochtemperatur-Kernreaktoren, wie sie in der vierten Generation der Kraftwerke geplant ist, kann diese Wasserspaltung ohne elektrische Energie erreichen.

Neben den rein physikalischen Betrachtungen spielen in der realen Welt die Kosten der Energiebereitstellung und die gesellschaftliche Akzeptanz eine ebenso wichtige Rolle. Beim importierten Öl und Erdgas bestimmt der Weltmarkt den Energiepreis in der Schweiz und ist nicht unter unserer Kontrolle. Ganz anders bei der Kernenergie. Dort ist der Preis des Rohstoffs Uran fast zu vernachlässigen im Vergleich zu den Amortisationskosten der Erstinvestitionen und den Rückstellungen für die Entsorgung. Er hängt daher vom Zinsniveau in der Schweiz ab. Dank des sehr hohen Energieinhalts pro Kilogramm Uran ist die Vorratshaltung kein Thema und die Auslandabhängigkeit entsprechend sehr gering. Bei den neuen Energiequellen aus Biomasse, Sonne, Wind, Geothermie oder Antrieben mit Wasserstoff kennen wir die Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Anlagen im Grossmassstab und damit verbunden die Kosten für den Unterhalt noch nicht genügend genau.

Die Gewichtung der verschiedenen Fakten durch die Gesellschaft beeinflusst die Gesamtstrategie. Eine einseitige Betonung der Klimafaktoren benachteiligt die Verbrennung von Öl, Gas und Kohle, eine zu starke Betonung der Kosten behindert die Einführung der Erneuerbaren und eine Verhinderung der technisch gelösten Endlagerung von radioaktivem Abfall benachteiligt die Kernenergie.

Sinnvoller Energiemix und Verhaltensänderungen

Die Schlussfolgerungen sind: Einerseits haben wir ohne Einbusse von Komfort durch technische Effizienzsteigerungen ein Einsparpotenzial von primärer Energie von ca. 40%. Der grösste Beitrag wird durch bessere Isolation der Wohnungen erreicht. Biomasse kann realistisch bis zu 10 % des heutigen Energieverbrauchs in der Schweiz ersetzen. Weltweit muss die richtige Balance zwischen dem Gebrauch der Landwirtschaft für Ernährung und für Energie gefunden werden. Ganz ohne Kernenergie werden wir nicht auskommen. Aber eine angestrebte 2000-Watt-Gesellschaft für die Schweiz ohne Verhaltensänderungen ist nicht möglich. Solange eine Woche Ferien in weit entfernten Gegenden billiger ist als in näherer Umgebung, ist die Verhaltensänderung jedoch schwer durchsetzbar.

Viel beunruhigender ist aber die Tatsache, dass das 21. Jahrhundert möglicherweise das Jahrhundert der Kohle wird. Die bevölkerungsreichen Länder China, Indien, Russland und USA haben riesige Kohlevorräte. China baut zurzeit pro Jahr 20 neue Kohlekraftwerke der Gigawatt-Klasse. Das wirkliche Weltproblem könnte die Endlagerung von CO_2 werden, falls nicht CO_2 -freie oder CO_2 -neutrale Energieumwandlungen forciert werden.