

# Nutzbare Energie

## Gegenstand

In Veröffentlichungen von Energiewirtschaft, Behörden und Universitäten findet man so genannte Energieflussbilder [1, 2, 3, 4]. Sie geben die Energiebilanz einer Volkswirtschaft wieder, etwa unter dem Titel: „Energieflussbild der Bundesrepublik Deutschland“. Es wird dargestellt, mit welchen Primärenergieträgern die Energie in das System, also eine Volkswirtschaft, eintritt, welche Anteile in welche anderen Energieformen umgewandelt werden, wie groß die Verluste dabei sind und in welchen Formen die Energie das System wieder verlässt. Am Ausgang wird unterschieden zwischen End- oder Nutzenergie einerseits und Verlustenergie andererseits.

## Mängel

Es entsteht der folgende Eindruck: Für die Anwendungen der Endverbraucher wird die Energie in einer bestimmten Form gebraucht. Daher muss sie umgewandelt werden, und dabei geht ein Teil verloren. Man versucht, die Umwandlungsverluste so gering wie möglich zu halten, aber ein beträchtlicher Teil davon ist unvermeidlich, denn er hat prinzipielle physikalische Ursachen. Einmal beim Verbraucher angekommen, kann die Energie für das verwendet werden, wofür man sie wirklich braucht.

Diese Sicht trifft die Sache nicht ganz. Man kann es sich klar machen, wenn man bedenkt, dass jeder Energieverlust auf Entropieerzeugung beruht. Erzeugte Entropie muss an die Umgebung abgeführt werden –sie muss gewissermaßen entsorgt werden–, und dazu braucht man die Energie

$$P_V = T_0 \cdot I_S .$$

$P_V$  ist der Verlustenergiestrom,  $T_0$  die Umgebungstemperatur und  $I_S$  der Strom der zu entsorgenden Entropie. Aus dieser Feststellung folgt zweierlei:

1. Von der Physik aus gesehen, sind die Umwandlungsverluste nicht unvermeidlich. Jeder Prozess kann auch reversibel geführt werden. Das ist zwar aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, aber die Physik verbietet es nicht. Auch die „Umwandlung“ der chemischen Energie der Kohle (+Sauerstoff) in elektrische Energie, bei der man gewöhnlich den Carnot-Faktor für den schlechten Wirkungsgrad verantwortlich macht, kann im Prinzip reversibel vonstatten gehen, etwa in einer idealen Brennstoffzelle. Man könnte daher schon die in das Flussbild eintretende Energie als Nutzenergie bezeichnen.

2. Auch beim so genannten Endverbraucher wird alle, wirklich alle, Energie schließlich zur Entropieerzeugung verwendet oder verschwendet, so dass die Energie, die ihm als Nutzenergie verkauft wird, schließlich zu 100 % als Verlustenergie endet. Auch für den Endverbraucher gilt übrigens: Jeder Prozess, an dem der Endverbraucher interessiert ist, kann im Prinzip reversibel geführt werden

Es soll damit nicht gesagt werden, dass an den Flussbildern etwas fehlerhaft sei; auch nicht dass sie nutzlos wären. Wir meinen nur, dass eine falsche Botschaft davon ausgeht. Es ist nicht so, dass von der Primärenergie ein bestimmter, objektiv berechenbarer Anteil „wirklich“ genutzt wird. Die Primärenergie endet nach einem vielstufigen Prozess zu 100 % in der Entropieerzeugung, und die zitierten Flussbilder zeigen davon nur den ersten Teil.

## Herkunft

Warum hören Energieflussbilder an einer bestimmten Stelle auf? Warum zeigen sie nicht, wie die ganze „Nutzenergie“ schließlich auf der thermischen Deponie landet? Weil sie erstellt werden von Institutionen, die bestimmte Interessen haben. Für die Energiewirtschaft hört das Bild an der Zahlgrenze auf, dort, wo die Lieferanten die Hand aufhalten. Die Verluste vor dieser Grenze sind Gegenstand ihrer Betrachtung. Was der Kunde dann mit seiner Energie macht, ist den Erstellern des Flussbildes egal.

## Entsorgung

Man klärt darüber auf, dass die ganze Primärenergie zur Entropieproduktion verwendet wird, und dass es keine physikalische Grenze dafür gibt, diese zu vermindern. Prinzipiell sind alle Aufgaben, für die Energie eingesetzt wird, auch ohne Entropieproduktion zu erreichen. Man diskutiert, welche technischen Probleme entstehen, wenn man versucht, sich diesem Ziel zu nähern. Dabei können die Schülerinnen und Schüler viel Physik (und auch Chemie) lernen.

[1] <http://www.zw-jena.de/kkimages/energieflussbild1995.gif>

[2] <http://www.bpb.de/files/WQ93Q3.pdf>

[3] <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=64>

[4] <http://www.energyliteracy.com/?p=293>