

14 Thermodynamo

Das Problem

Intelligentes Handeln im Energiebereich erfordert mündige Energiekonsument_innen. Das dazu notwendige Wissen ist aber meist nicht zugänglich.

Relevante Politiken

Energiepolitik

Kernbotschaft für Radiohörer_innen

Grundbegriffe und Konzepte sollen kennengelernt und verstanden werden. Individuelle Beratungen können eingeholt, genutzt und umgesetzt werden. Ökologischen Fußabdruck ermitteln und verändern.

Anpassungen von Energiemärkten, Wirtschaftsweisen und Verhaltensänderungen:

Bewegung im Selbstbild von Energieversorgungsunternehmen als Energiedienstleister.

Unterstützungsmechanismen und -instrumente

Energieberatung
Footprint

Best practices

Energieberatung
Umweltberatung
Ökologischen Fußabdruck bestimmen
Auf Energieeffizienz bei Haushaltsgeräten achten
Lebenszyklus von Haushaltsgeräten beachten

Quellen

Literatur

VDI (Hsg.) 1965, „Energie und Exergie - Die Anwendung des Exergiebegriffs in der Energietechnik“ Verlag des Vereins deutscher Ingenieure, Düsseldorf

Weblinks

http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/
(aufgesucht am 09.01.2010)

<http://www.footprint.at.> (aufgesucht am 09.01.2010)

http://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelles_Wasser (aufgesucht am 09.01.2010)

Energiebegriffe - Energie begreifen

Kurzbeschreibung

Intelligentes Handeln im Energiebereich erfordert mündige Energiekonsument_innen. Grundlegendes Verständnis erhöht die Möglichkeiten, mitzugestalten, sei es durch öffentlichen Druck, kritische Meinungsbildung und Äußerung, etc.

Daher sollen hier einige Grundbegriffe und Konzepte den interessierten Hörer_innen und Leser_innen näher gebracht werden.

Dazu gehören:

1. Arbeit und Leistung, Wattstunde und Watt auseinanderhalten zu können, ein Gefühl dafür zu bekommen, dass und warum die Kilowattstunde nicht das Maß aller Dinge ist.
2. In Konsequenz das Konzept der „Energiedienstleistung“ zu verstehen. Es ist Ausdruck davon, dass menschliche Bedürfnisse nicht primär auf technische Bedingungen oder Energieeinheiten abgestellt sind, sondern auf mit den Empfindungen gekoppelte Zustände (etwa als ausreichend warm und behaglich empfundene Wohnung)
3. Schaffung einer Idee davon, dass Energie und Exergie nicht dasselbe ist, weil es unterschiedliche Energiequalitäten gibt (die technisch mit dem Begriff Exergie belegt sind) Was steckt dahinter? Wie kann intelligenter Umgang damit aussehen?
4. Den Unterschied zwischen Energie und Strom wahrnehmen und begreifen, dessen Wahrnehmung als Folge des Strebens nach dem „allelektrischen Haushalt“ verloren gegangen ist
5. Das Konzept des Ökologischen Fußabdrucks und ähnlicher Systeme - Kurzabriss verschiedener Modelle, Darstellung von Sinn und Grenzen solcher Konzepte

Energieeinheiten

Es gibt verschiedene Energieeinheiten - solche, die sich am Energiegehalt von Öl und Steinkohle orientieren und solche, die dem internationalen Einheitensystem (SI) angehören, das auf Kilogramm, Meter und Sekunde aufbaut, bei dem aber daraus zusammengesetzte Einheiten weitere Namen haben. Manchmal gibt es in diesem „Zoo“ verschiedene Einheiten für die selbe Größe. Trotz dieses Verwirrungspotenzials sollte danach gestrebt werden, den Überblick zu behalten, welche Einheit zu welcher Messgröße gehört.

Im Energiebereich gibt es mit Energie und Leistung zwei Messgrößen, die sich dadurch unterscheiden, dass bei der Leistung die Zeitkomponente hinzukommt. Energie pro Zeit ist Leistung, eine Momentanaufnahme sozusagen. Die Energieeinheit ist das Joule (im alten Einheitensystem war hier die Kalorie in Gebrauch, die aus dem Bereich der Ernährung bekannt ist), die Einheit für die Leistung ist das Watt. 1 Watt entspricht einem Joule pro Sekunde.

Obwohl das eine ansonsten eher unübliche Vorgangsweise ist, gibt es in Physik und Technik einen Spezialfall, der leicht für Verwirrung sorgt, weil hier das Pferd von hinten aufgezäumt wird, und der gerade die Energietechnik betrifft. Hier wird (insbesondere in der Elektrotechnik) von der Leistungseinheit Watt ausgegangen und von dieser Ausgangsbasis auf die Energieeinheit zurückgerechnet. War nun ein Watt ein Joule dividiert durch eine Sekunde, ist nun umgekehrt ein Joule ein Watt mal einer Sekunde, auch Wattsekunde genannt. Auf ein größeres Zeitmaß bezogen ergibt sich daraus die Wattstunde, und um haushaltsgerechtere Einheiten zu erzeugen, multiplizieren wir das mit einem zusätzlichen Faktor. 1000 Wattstunden ergeben dann eine

Kilowattstunde (kWh). Mit einer kWh kann eine 100 Watt Glühbirne 10 Stunden lang betrieben werden oder 10 davon eine Stunde. Dieses Beispiel aus der Elektrizität soll aber nicht davon ablenken, dass sich jede Energieeinheit (hier gibt es viele, die auf bestimmte Brennstoffe bezogen sind wie toe oder SKE - Steinkohleeinheiten) auf (Kilo-)Wattstunde umrechnen lässt.

Die Kilowattstunde ist nicht alles, wie folgendes simple Beispiel erläutern soll: Wir haben getan, was sonst normalerweise niemand tut, nämlich den Preis der Kilowattstunde einer Taschenlampenbatterie ermittelt, der zwischen 130 und 380 Euro pro Kilowattstunde liegt¹, und damit um Größenordnungen über den in Cent bemessenen Haushaltspreisen einer kWh „normalen“ Stroms. Trotz dieser „Apothekenpreise“, zu denen normalerweise niemand Energie kaufen würde, ist es aber sinnvoll, Batterien zu verwenden, wenn es um mobile Energiebereitstellung (bzw. die netzunabhängige mobile Bereitstellung von Energiedienstleistungen geht). Dies ist ein besonders krasses Beispiel, das aber Anlass geben sollte, einmal darüber nachzudenken, ob nicht auch in anderen Fällen der Kilowattstundenpreis geringere Bedeutung hat, als ihm zugemessen wird. So können Energiekosten nicht nur gesenkt werden, indem der Kilowattstundenpreis reduziert wird, sondern auch indem der Verbrauch reduziert wird (sei es durch Veränderung der Nachfrage oder technische Verbesserung). Je weniger Verbrauch, desto mehr kann relativ egal sein, wieviel die kWh kostet.

Energiedienstleistung

Das Konzept der Energiedienstleistung löst Energie aus einem rein technischen Bezugssystem und verlagert die Aufmerksamkeit von der Nutzenergie (die Energie die bei den Endverbraucher_innen eingesetzt wird, und je nach Geräteeffizienz nach Umwandlungsverlusten netto übrig bleibt) zu dem was diese Verbraucher_innen benötigen bzw. was deren eigentliches Bedürfnis ist. Wir wollen z.B. fernsehen, computerspielen, allgemeiner eigentlich: uns unterhalten. Wir wollen es im Winter warm in der Wohnung haben bzw. uns einfach behaglich fühlen. Wir wollen frische Nahrung haben, und bedienen uns dazu eines energieverbrauchenden Gerätes, z.B. des Kühlschranks.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu begreifen, dass das Verhältnis zwischen nachgefragter Energiedienstleistung und dem zu ihrer Bereitstellung erforderlichen Nutzenergieaufwand alles andere als eine fixe Größe ist!

Nehmen wir als erstes Beispiel die Raumwärme: Wie gut ein Gebäude wärmetechnisch isoliert ist, ist schon einmal sehr wesentlich dafür, wieviel Nutzenergie benötigt wird, um einen Raum auf eine bestimmte Temperatur zu bringen bzw. dort zu halten. Letztendlich wollen wir uns aber behaglich fühlen, und dafür kommt es nicht nur auf die Temperatur an, sondern etwa auch auf die Wärmeverteilung im Raum, auf den Anteil an Wärmestrahlung, die das Heizsystem abgibt, ob es kalte Wände gibt, die Unbehagen erzeugen, ob es zieht, ob die Räume gut gelüftet sind und ausreichend Sauerstoff enthalten (um unseren inneren Ofen in Schwung zu halten) bzw. die Luft in der Umgebung (und damit die in unserer Wohnung) generell gut ist oder nicht. So kann ein Raum mit geringerer Temperatur (und somit Energieeinsatz) ein subjektiv angenehmeres/wärmeres Gefühl erzeugen, als einer mit höherer Temperatur

¹ Die große Schwankungsbreite erklärt sich aus verschiedenen Batterietypen. Der Wert lässt sich auch deshalb nicht genau angeben, weil für seine Berechnungen Abschätzungen erforderlich sind, wie schnell die Spannung der Batterie abfällt, und was die mittlere Spannung bzw. mittlere Leistung ist, auch müssen irgendwelche Annahmen über die Anschaffungskosten der Batterien getroffen werden - auch hier gibt es beträchtliche Schwankungsbreiten.

aber ungünstigerer Bauphysik. Letztendlich spielt auch die Frage einer Rolle, ob ich die Temperatur etwas absenke und mir dafür einen Pullover anziehe und mich trotzdem wohl fühle. Neben (nicht bei allen Menschen gleichen) physiologischen Bedingungen und der Lebensweise (genügend Bewegung?) sind dafür auch (dem jeweiligen Zeitgeist unterworfenen und somit veränderlichen) gesellschaftlichen Wertvorstellungen verantwortlich – etwa auch für die Frage, ob das Tragen eines Pullovers jetzt schick ist oder nicht.

Um nicht nur die Raumwärme zu erwähnen, ist die Nachfrage nach Energiedienstleistungen – abseits von der Deckung von Grundbedürfnissen – ebenfalls eine gesellschaftlich bestimmte, etwa bei der Entscheidung, ob zur Unterhaltung Geräte herangezogen werden, die Energieeinsatz erfordern. Bei entsprechenden Rahmenbedingungen (geeigneter Keller) kann es z.B. auch möglich sein, Lebensmittel länger zu lagern, ohne (ausschließlich) auf energieabhängige Geräte zur Temperierung angewiesen zu sein.

Energie und Exergie

Energie und Energie ist nicht immer dasselbe, es existieren verschiedene Formen von Energie. Auch wenn gerne von Energieverbrauch die Rede ist, wird Energie streng genommen nicht verbraucht, sondern nur von einer Form in die andere umgewandelt. Dies ist aber nicht beliebig und nicht in jede Richtung möglich. (Für Physikinteressierte: die Grundlage dafür liegt im 2. Hauptsatz der Wärmelehre: die Unordnung dieser Welt = Entropie nimmt ständig zu, will man dem entgegenwirken, ist wieder Energieeinsatz erforderlich).

Vielleicht zur Veranschaulichung trotz des etwas hinkenden Vergleichs: es ist möglich, Erdäpfel zu zerstampfen und zu pürieren. Das rückgängig zu machen, geht bestenfalls im Film, wenn ich ihn rückwärts abspiele, nicht aber in der realen Welt – manche Umwandlungen sind unumkehrbar.

Auch wenn die Welt um uns voll Energie ist, hilft es nichts, wenn wir sie nicht nützen können. Um aus Wärme nutzbare Energie zu erzeugen, brauchen wir eine Temperaturdifferenz. Gibt es die nicht, nützt mir ein ganzer warmer Ozean voller Energie nichts.

Um diese Frage in den Griff zu bekommen wurde das Konzept von der **Exergie** entworfen, die sozusagen ein **Maß für die Umwandelbarkeit von Energie** darstellt. Energie setzt sich daher zusammen aus der Summe von Exergie (das ist der nutzbare Anteil) und Anergie (das ist der nicht nutzbare Rest). So lassen sich unbeschränkt umwandelbare (nur Exergie), beschränkt umwandelbare (Exergie und Anergie gemischt) und nicht umwandelbare (nur Anergie) Energie unterscheiden.

Verschiedene Energieformen, mit denen wir hantieren, unterscheiden sich somit in der Qualität (in ihrem Exergiegehalt). So enthält das warme Wasser, das aus der Fernwärmeleitung kommt zweifellos Energie, die für eine warme Dusche oder zum Temperieren der Wohnung benutzt werden kann. Einen Computer kann ich damit aber nicht betreiben, und auch einen Motor, der meine Wasserpumpe antreibt nicht so einfach, weil dieses warme Wasser niederexergetisch ist². Umgekehrt kann ich **Elektrizität (hochexergetisch** – kann in jede andere Energieform umgewandelt werden) auch zum Heizen verwenden. Ob dies aber sinnvoll ist, sei dahingestellt. Das ist eher wie „mit Kanonen auf Spatzen schießen“. Neben den hohen Kosten ist die Verschwendung des Exergiepotenzials der Grund, **warum z.B. Elektroheizungen als energietechnisch kontraproduktiv** erachtet

² Wieviel mechanische Energie ich rauskriege, hängt von der erzielbaren Temperaturdifferenz ab, und da ist bei Wasser, das unter 100 Grad Celsius heiß ist, weniger möglich, als bei einem Brennstoff, mit dem ich Temperaturen von mehreren 100 Grad Celsius erzeugen kann.

werden. Mit Strom kann ich alles machen, muss aber für die Veredelung und Verfügbarmachung beträchtlichen Aufwand treiben (Strom ist bekanntlich schwierig zu handhaben und muss immer in dem Moment, in dem ich ihn brauche, erzeugt werden, weil Elektrizität als solche nicht gespeichert werden kann) und mir deshalb besonders gut überlegen, wo ich diese veredelte Energie adäquat einsetze. Bei Exergieüberlegungen (die ursprünglich nur aus der Wärmelehre stammen) ist immer auch der gewollte Nutzungszweck zu berücksichtigen. Ein elektronisches Gerät kann nachvollziehbarerweise prinzipbedingt nicht mit Dampf betrieben werden, andere Maschinen aber durchaus.

Bei Kältemaschinen (z.B. Kühlschrank) wird Energie zugeführt (zum Betrieb des Kompressors), damit dem zu kühlenden Körper Energie entzogen wird.

Der Unterschied zwischen Energie und Exergie lässt sich wohl nirgends so klar herausstellen wie in der Kältetechnik, wozu folgende Anekdote dienen soll:

*Eine Brauerei war gezwungen, einige weit abgelegene Lagerräume von ihrer zentralen Kühlanlage aus zu kühlen.. Die dazu erforderlichen Soleleitungen³ mussten durch die Lagerräume eines Lebensmittelgroßhändlers verlegt werden. Eines Tages stellte der Brauereibesitzer fest, dass der Lebensmittelgroßhändler diese Sole zur Kühlung seiner Lebensmittel verwendete. Er zeigte ihn deshalb wegen Diebstahls an. Der Richter aber sprach: „Nach §242 des Strafgesetzbuches⁴ ist Diebstahl die Wegnahme einer fremden beweglichen Sache in der Absicht, sie sich rechtswidrig anzueignen. Dieser Sachverhalt ist hier nicht gegeben, denn der Großhändler eignet sich ja die kalte Sole nicht an, sondern gibt sie wieder in das Leitungsnetz der Brauerei zurück.“ Darauf wandte sich der Brauereibesitzer an die nächst höhere Instanz und bekräftigte seinen Standpunkt mit dem Hinweis: „ Es handelt sich nicht um den Diebstahl von Sole, sondern von Energie. Wenn ich jetzt auch den Keller des Lebensmittelhändlers kühlen muss, verbrauche ich mehr Strom für meine Kältemaschine.“ Aber der physikalisch nur halbgebildete Richter entgegnete: „Die Sole nimmt doch Wärme, das heißt aber Energie aus dem Lebensmittellager auf, also wird Ihnen nicht Energie gestohlen, sondern ganz im Gegenteil, SIE bekommen Energie GESCHENKT.“
Wir haben alle das Empfinden, dass der Richter unrecht habe, wo aber liegt der Fehlschluss?*

Die Lösung liegt darin, dass

.. dem Missverständnis die Verwechslung der beiden Begriffe, die beide mit dem Wort Energie bezeichnet werden, zugrundeliegt. Des Rätsels Lösung ist, dass die Exergie jedes Körpers mit einer Temperatur unter der Umgebungstemperatur $T < T_u$ bei Wärmezufuhr verkleinert wird“

Anmerkung: Wenn diese Geschichte nicht stimmt, dann ist sie gut erfunden.

Zitat entnommen dem Buch VDI (Hsg.) 1965, „Energie und Exergie – Die Anwendung des Exergiebegriffs in der Energietechnik“ Verlag des Vereins deutscher Ingenieure, Düsseldorf

Anmerkung für potentielle LeserInnen: einige Passagen des Buches sind eher einfach geschrieben, manche aber ziemlich kompliziert.

3 Als Kühlmittel verwendet

4 bezieht sich auf das deutsche Strafgesetzbuch, der österreichische Paragraph wäre ähnlich lautend §127 StGB

Energie und Strom

Aus der unter Punkt 3 abgehandelten „exergetischen“ Betrachtung ergibt sich, dass Strom eine sehr hochwertige Energieform ist⁵. Daraus aber den Schluss zu ziehen, deshalb nur noch hochwertige Energie einzusetzen, wäre eben grundfalsch und hieße „Perlen vor die Säue werfen“ (etwa im Bereich Raumwärme). Auch deshalb ist es wichtig, im Bewusstsein zu halten, dass bei Energie Strom nicht alles ist und nicht die ganze Aufmerksamkeit auf sich ziehen sollte. (Mehr über die Bedeutung von Strom im Gesamtenergiesystem kommt dann bei der Sendung über den Energiefluss). Leider wird auch in der Öffentlichkeit oft von Energie gesprochen, aber ausschließlich Strom damit gemeint. Es gerät so aus dem Blick, was es noch für andere, eventuell geeignetere, Energieträger für verschiedenste Anwendungen gibt. Wichtig daran ist eben, dass Strom nicht für jede Anwendung am besten geeignet ist (siehe Beispiel mit der Elektroheizung weiter vorne im Text). Es kommt auch häufig zu verzerrenden Darstellungen, wie wenn z.B. über den Anteil von erneuerbarer Energie an der Energiegewinnung gesprochen wird, wo eigentlich nur der Anteil von erneuerbarer Energie an der Elektrizitätsgewinnung gemeint ist. Wegen des derart falsch gewählten Ausdruckes erscheint der Prozentsatz an erneuerbaren Energien höher, als er bezogen auf die Gesamtenergie tatsächlich ist. Resultat ist eine (Selbst-)Täuschung über die Länge der in Richtung einer nachhaltigen Energiezukunft zurückzulegenden Wegstrecke.

Ökologischer Fußabdruck und ähnliche Systeme

Die Menschheit benötigt Ressourcen, die sich im wesentlichen in Energie, materielle Ressourcen und Fläche einteilen lassen. Energie ist nur einer der Faktoren. Unser Planet kann alle diese Dinge nur in begrenztem Maße zur Verfügung stellen. Als ein **Instrument, diese begrenzte Tragfähigkeit zu veranschaulichen**, ist das Konzept des ökologischen Fußabdruck eingeführt worden. Dabei wird das, was wir benötigen, auf ein einheitliches Maß gebracht, indem wir unseren Ressourcenverbrauch auf die Fläche umrechnen, die wir zu seiner (nachhaltigen) Bereitstellung benötigen (würden). Letztendlich wird zum Anbau biogener (energetischer und materieller) Ressourcen ebenso Fläche gebraucht wie zum Einfangen von Sonnenenergie etc. Als Maßstab gelten die „Global hectares“. Mehr dazu unter <http://www.footprint.at>.

Der footprint ist nicht nur ein allgemeines Konzept, sondern auch in hohem Maße energieerelevant.

„Etwas mehr als die Hälfte des Ökologischen Fußabdruckes gehen auf die eine oder andere Art auf den Energieverbrauch zurück.“ (ebd.)

Als Spezialfall gibt es analog Systeme, die alles auf den Wasserverbrauch umlegen, das sogenannte **„virtuelle Wasser“**. (Bekanntlich ist Süßwasser ebenfalls ein knappes Gut). http://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelles_Wasser

Analog gibt es den sogenannten **„world overshoot day“** Beim sogenannten „world overshoot day“ ist der Tag im Jahr gemeint, an dem bereits die ganzen Ressourcen aufgebraucht sind.⁶

(http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/)

Worin liegen nun die Vor- und Nachteile des Konzepts vom „Footprint“ und ähnlichen Konzepten?

Auf der positiven Seite steht vor allem, dass es sich dabei um ein famoses

⁵ Auch Erdgas ist ein hochexergetischer Energieträger, das wird schon in der Sendung zur „Gaskrise“ beleuchtet

⁶ Anmerkung: dass sich das nicht so genau berechnen lässt ist zweitrangig, handelt es sich doch vorrangig um ein Kampagnentool, bei dem es auf das Prinzip ankommt

Instrument der Veranschaulichung auf einer prinzipiellen Ebene, der **grundsätzlichen Bewusstseinsbildung für die Begrenztheit dieser Welt** handelt.

Eine gewisse Gefahr liegt darin, das footprinting (wiederum als Maß aller Dinge) überzustrapazieren. Wie immer, wenn versucht wird, komplexe Sachverhalte auf eine Zahl zu reduzieren, steigt das Risiko unzulässiger Vereinfachungen. So können etwa Details wie z.B. kleinräumige unterschiedliche Produktionsbedingungen einer Ware in der Berechnung oft nicht berücksichtigt werden, sind aber unter Umständen für das Ergebnis durchaus maßgeblich.

Bei der Berechnung ist es immer erforderlich zu berücksichtigen, dass mit Annahmen und Vereinfachungen, mit Durchschnittswerten gearbeitet werden muss, der Footprint also nicht unbedingt ein exaktes Werkzeug ist.

Dass dies den Footprintern selbst klar ist, zeigt folgendes Zitat von Footprint.at: *„Selbstverständlich ist auch der “Footprint” nicht der allumfassende, einzig wahre Parameter. Regenwaldzerstörung durch den Aluminiumabbau, Gefahren der Gentechnik, Pestizidrückstände in der Nahrung, menschenwürdige Arbeitsbedingungen, Lärm beim Transport, soziale Fairness bei der Preisgestaltung und vieles mehr können nicht abgebildet werden. Hier sind zusätzliche Bemühungen von Nöten, wie etwas das Fair-trade-Label oder die Gentechnik-frei-Kennzeichnung.“*

(Anm: Hier geht es nur um eine kurze Bekanntmachung der Konzepte, für weiter Interessierte sei auf die angeführten Links verwiesen. Boden- und Wasserverbrauch werden bei der Sendung „Energie und Ernährung“ nochmals zur Sprache kommen müssen)

Literatur

VDI (Hsg.) 1965, „Energie und Exergie – Die Anwendung des Exergiebegriffs in der Energietechnik“ Verlag des Vereins deutscher Ingenieure, Düsseldorf

Weblinks

http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/earth_overshoot_day/
(aufgesucht am 09.01.2010)

<http://www.footprint.at.> (aufgesucht am 09.01.2010)

http://de.wikipedia.org/wiki/Virtuelles_Wasser (aufgesucht am 09.01.2010)