

15. Dinge des täglichen Gebrauchs

◦Ein riesiger Energieverbrauch in der „entwickelten“ Welt ist die Herstellung von „Dingen“. In ihrem natürlichen Lebenszyklus durchlaufen diese drei Phasen: Zuerst wird das neugeborene Ding in einer Hochglanzverpackung im Regal eines Geschäftes angeboten. In dieser Phase heißt das Ding „Ware“. Sobald das Ding gekauft und ausgepackt ist, transformiert es sich in seine zweite Form: „Zeug“. Dieses Zeug lebt nun mit seinem Besitzer für ein paar Monate oder Jahre. Währenddessen wird das Zeug größtenteils vom Besitzer ignoriert, weil der ja in den Geschäften ist und neue Waren einkauft. Gelegentlich wird das Zeug dann, wie durch ein Wunder moderner Alchemie, in seine finale Form transformiert: „Abfall“. Für das ungeübte Auge kann es oft schwierig sein, „Abfall“ und „Waren“ voneinander zu unterscheiden. Wie auch immer, hat der Besitzer diese Erkenntnis gewonnen, bezahlt er den Müllmann, damit er dieses Ding entsorgt.



Fig.15.1: Müll-Werbung von Selfridge

Sagen wir, wir wollten die vollen Energiekosten dieser Dinge des täglichen Gebrauchs verstehen, vielleicht um noch bessere Dinge zu entwickeln. Das heißt dann Lebenszyklus-Analyse. Es ist üblich, dabei die Energie-Kosten eines Dings – vom Haarföhn bis zum Kreuzfahrtschiff – in vier Abschnitte zu gliedern:

Phase R: Herstellung der Rohmaterialien. Dazu gehört der Bergbau der Minerale, das Schmelzen und Reinigen, und die Umwandlung in die Bausteine, die der Hersteller benötigt: Plastik, Glas, Metall, Keramik etc. Die Energiekosten dieser Phase beinhalten auch die Lieferung der Rohstoffe zu ihrer nächsten Verarbeitungsstelle.

Phase P: Produktion: Dabei werden die Rohstoffe nun in ein fertiges Produkt verwandelt. Die Fabriken, in denen die Spulen des Haarföhns gewickelt werden, sein ansprechendes Gehäuse gegossen wird oder seine Komponenten sorgfältig ineinandergesetzt werden, benutzen Wärme und Licht. Diese Phase beinhaltet auch Verpackung und Weitertransport.

Phase U: Use – Benutzung: Haarföhns und Kreuzfahrtschiffe verbrauchen Energie, wenn sie bestimmungsgemäß verwendet werden.

Phase D: Entsorgung: Dazu gehört der Energiebedarf für das Verbringen in Deponien, oder die Rückverwandlung in Rohmaterialien (Recycling). Und das Reinigen all der Verschmutzung, die in Zusammenhang mit diesen Dingen entstand.

Um zu verstehen, wie viel Energie der Lebenszyklus eines „Dings“ erfordert, sollten wir die Kosten all dieser vier Phasen einzeln abschätzen und dann addieren. Gewöhnlich dominiert eine Phase die Energiekosten. Für eine vernünftige Abschätzung muss also insbesondere die dominante Phase relativ genau abgeschätzt werden. Wenn wir Dinge energieschonender designen wollen, sollten wir uns gewöhnlich auf die dominante Phase konzentrieren. Dabei ist zu beachten, dass Einsparungen in der dominanten Phase nicht durch zusätzlichen Aufwand in den anderen drei Phasen wieder aufgehoben werden.

Anstatt im Detail den Energiebedarf abzuschätzen, den die fortwährende Gesamtproduktion aller Dinge des täglichen Bedarfs hat, wollen wir zuerst ein paar allgemein bekannte Beispiele abhandeln: Getränkebehälter, Computer, Batterien, Werbung, Autos und Häuser. Dieses Kapitel fokussiert sich auf die Phasen R und P. Diese Energiekosten sind oft als „Graue Energie“ (embodied energy) eines Gegenstandes bezeichnet.

Graue Energie (embodied energy) (kWh pro kg)	
fossile Brennstoffe	10
Holz	5
Papier	10
Glas	7
PET Plastik	30
Aluminium	40
Stahl	6

Tabelle 15.2: Graue Energie in Materialien, in kWh pro kg

Getränkebehälter

Nehmen wir folgendes Coke-Verbraucherverhalten an: Sie trinken täglich fünf Dosen einer multinationalen Chemikalie und werfen die Alubüchse weg. Für dieses Ding dominiert die Rohmaterial-Phase die Energiekosten. Die Metallproduktion ist energieintensiv, vor allem die Aluminiumproduktion. Eine Aludose verbraucht in der Herstellung 0,6 kWh. Ein 5-Dosen-pro-Tag Verbraucherverhalten benötigt Energie in Höhe von **3 kWh/d**.

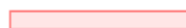
Eine 0,5l-PET-Wasserflasche (25 g Gewicht) hat 0,7 kWh Graue Energie – auch nicht besser als Aluminium.

Andere Verpackung

Der Durchschnittsbürger wirft 400 g Verpackung täglich weg – hauptsächlich Lebensmittelverpackung. Die Graue Energie von Verpackung liegt zwischen 7 und 20 kWh pro kg, wenn wir das Spektrum von Glas und Papier bis zu Plastik und Metalldosen durchlaufen. Nimmt man den Durchschnitt bei 10 kWh/kg an, liegt der energetische Fußabdruck von Verpackung bei **4 kWh/d**. Ein kleiner Teil dieser Energie ist recyclebar durch Müllverbrennung, wie wir in Kapitel 27 diskutieren werden.



Aluminium: 3 kWh/d



Packaging:
4 kWh/d



Fig.15.3: (links) Fünf Aludosen pro Tag sind 3 kWh/d. Die Graue Energie in anderen Verpackungen, die ein durchschnittlicher Engländer wegwirft, beträgt 4 kWh/d.

Chips: 2.5 kWh/d



Fig.15.4: (rechts) Sie macht Chips. Foto: ABB. Herstellung eines PC alle 2 Jahre kostet 2,5 kWh pro Tag.

Computer

Die Herstellung eines PC kostet 1800 kWh. Kauft man alle 2 Jahre einen neuen Rechner, ergibt das einen Energieverbrauch von **2,5 kWh/d**.

Batterien

Die Energiekosten der Herstellung eines AA Nickel-Cadmium-Akkus, der 0,001 kWh speichern kann und 25 g wiegt, liegt bei 1,4 kWh (Phasen R und P). Wenn die Energiekosten von Wegwerf-Batterien ähnlich sind, schlagen zwei AA-Batterien pro Monat mit **0,1 kWh/d** zu Buche. Die Energiekosten sind deshalb vermutlich ein vernachlässigbarer Punkt in Ihrer Energiebilanz.¹³

Zeitungen, Zeitschriften und Werbepost

Ein 36-Seiten-Wochenblatt, gratis verteilt an den U-Bahn-Stationen, wiegt 90 g, eine Tageszeitung (56 Seiten) 150 g. ♦Die „FAZ“ (56 Seiten) 200 g. °Eine 56-seitige Werbe-Illustrierte und ein Versandhauskatalog (32 Seiten), beide kostenlos nach Hause verteilt, wiegen jeweils 100 g und 125 g.



Newspapers,
junk mail,
magazines:
2 kWh/d

House-building: **1 kWh/d**

Dieser Strom von Lesestoff und Werbebotschaften, der durch unsere Briefkästen fließt, enthält Energie. Außerdem braucht man Energie für die Herstellung und Auslieferung. Papier hat einen Grauen Energieanteil von 10 kWh/kg. Also liegt die gesamte Graue Energie der Flut von Werbung, Magazinen und Zeitungen bei angenommenen 200 g pro Tag und Person (das ist äquivalent mit einer „FAZ“ pro Tag) bei etwa **2 kWh pro Tag**.

Car-making:
14 kWh/d

Road-building: **2 kWh/d**



Papier-Recycling rettet etwa die Hälfte dieser Energie. Müllverbrennung rettet auch einen Teil dieser Energie, oder wenn ich das Papier zu Hause in meinem offenen Kamin verbrenne.

Größere Dinge

Für viele ist das größte Ding, das sie jemals kaufen, ein Haus.

In Kapitel H schätze ich die Energiekosten eines Neubaus ab. Angenommen, wir ersetzen jedes Haus nach 100 Jahren, wäre das ein energetischer Beitrag von 2,3 kWh/d. Dabei ist nur die Gebäudehülle berücksichtigt – Grundfest, Steine, Fliesen, Dach-

¹³ ♦Andere Quellen [bww3s9r] nennen für Batterien etwa den 50-fachen Nutzenergie-Inhalt als Graue Energie. Bei Batterien von 0,002 kWh [br8suqu] sind das lediglich 0,1 kWh, also etwa 10% der obigen Abschätzung, die als oberer Grenzwert angesehen werden kann.

ziegel. Wird ein Haus durchschnittlich von 2,3 Leuten bewohnt, ist der durchschnittliche Energieverbrauch, den eine Person durch das Gebäude verursacht, **1 kWh/d pro Person**.

Wie sieht es mit einem Auto aus, einer Straße? Einige von uns besitzen ersteres, aber alle benutzen letzteres. Die Graue Energie eines Neuwagens ist 76 000 kWh, wird er alle 15 Jahre ersetzt, sind das im Mittel **14 kWh pro Tag**. Eine Lebenszyklus-Analyse von Treloar, Love und Crawford schätzt den Bau einer australischen Straße auf 7600 kWh pro Meter (eine verbundbewehrte Betonstraße) und die Gesamtkosten einschließlich Unterhalt über 40 Jahre auf 35.000 kWh pro Meter. Schätzen wir damit die Größenordnung für britische Straßen ab. Es gibt 45.000 km Fern- und Landstraßen (ohne Autobahnen). Mit 35.000 kWh pro Meter in 40 Jahren kostet uns dieses Straßennetz **2 kWh/d pro Person**.

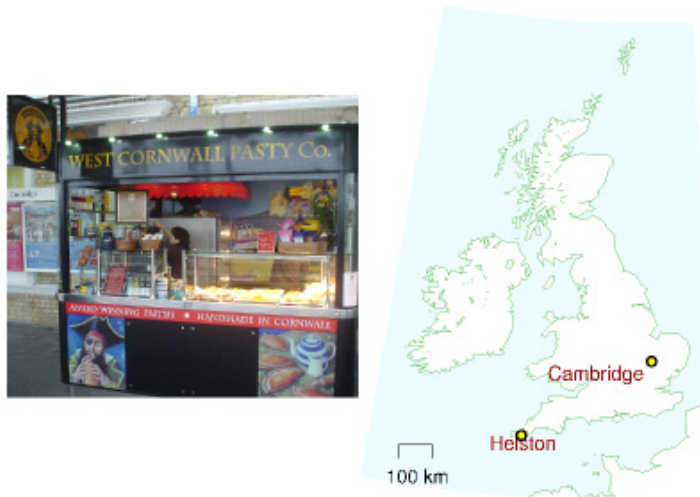


Fig.15.5: Lebensmittel-Meilen: Pastetchen, handgemacht in Cornwall, 580 km transportiert zum Verbrauch in Cambridge

Der Transport der „Dinge“

Bisher versuchte ich, personenbezogenen Verbrauch abzuschätzen. „Wenn Sie 5 Coladosen wegwerfen, sind das 3 kWh, wenn Sie die „FAZ“ kaufen, sind das 2 kWh“. Im folgenden werden die Dinge jedoch etwas weniger persönlich. Wenn es um Transport von Gütern im Land und um den Globus geht, werde ich nationale Gesamtzahlen verwenden und diese durch die Bevölkerung teilen.

Frachttransport wird gemessen in Tonnen-Kilometern (t-km). Wenn eine Tonne Cornwall-Pastetchen 580 km transportiert werden, sind das 580 t-km. Die Energieintensität des Straßentransports in England liegt bei **1 kWh pro t-km**.

Wenn ein Containerschiff wie in Fig.15.6 50.000 Tonnen Ladung über 10.000 km transportiert, sind das 500 Millionen t-km Frachttransport. Die Energieintensität dieses Containerschiffs liegt bei **0,015 kWh pro t-km**. Bemerkenswert, um wie viel günstiger die Verschiffung im Vergleich mit der Straßenfracht ist. Diese und weitere Energieintensitäten sind in Fig.15.8. dargestellt.

Transport auf der Straße

Im Jahr 2006 lag der gesamte Straßentransport durch LKWs in England bei 156 Milliarden t-km. Auf 60 Millionen Briten verteilt sind das 7 t-km pro Tag pro Person, was **7 kWh pro Tag pro Person** kostet (bei 1 kWh pro t-km). Ein Viertel dieses Transports beinhaltet übrigens Lebensmittel, Getränke und Tabak.

Road freight: 7 kWh/d

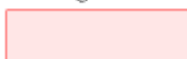


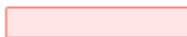
Fig.15.7: Der Lastwagen hat's gegeben und der Lastwagen hat's genommen. Energiekosten der englischen LKW-Fracht: 7 kWh/d pro Person.

Transport auf dem Wasser

Im Jahr 2002 wurden in britischen Häfen 560 Millionen Tonnen Güter umgeschlagen. Tyndall-Centre berechnete, dass der britische Anteil am internationalen Schiffsverkehr **4 kWh/d pro Person** ausmacht.



Shipping: 4 kWh/d



Transport auf dem Wasser verbraucht Energie, weil das Boot Wellen erzeugt. Dennoch ist Schiffsfracht überraschend energieeffizient.

Fig.15.6: (unten) Das Containerschiff Ever Uberty am Thamesport Container Terminal. Foto von Ian Boyle www.simplonpc.co.uk

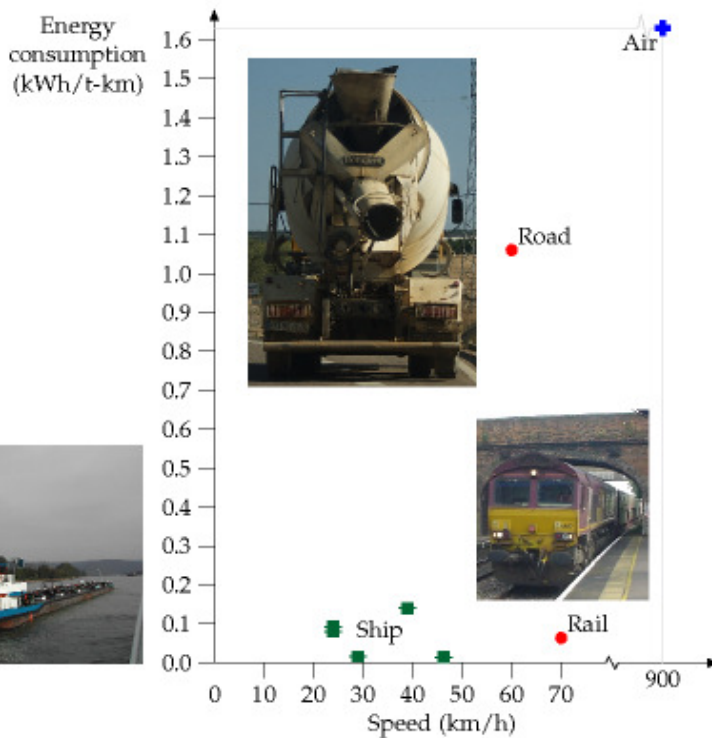


Fig.15.8: Energie für verschiedene Formen des Frachttransports. Die Vertikalkoordinate gibt die verbrauchte Energie pro Netto Tonnen-km in kWh an (das ist die Energie pro t-km Fracht ohne das Fahrzeuggewicht). Siehe auch Fig. 20.23 (Energie für Passagiertransport)

Transport von Wasser und Abwasser

Wasser ist kein besonderer Stoff, doch wir benutzen viel davon – etwa 160 Liter pro Tag pro Person. In der Folge produzieren wir auch an die 160 Liter Abwasser pro Tag pro Person, das wir an die Entsorger weitergeben. Die Kosten für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung liegen bei etwa **0,4 kWh/d pro Person**.

Water delivery
and removal:
0.4 kWh/d

Fig.15.9: Wasserlieferung 0,3 kWh/d, Abwasserentsorgung 0,1 kWh/d

Meerwasserentsalzung in England

◦Derzeit verwendet England keine Energie zur Meerwasserentsalzung. Es wird aber die Errichtung einer Entsalzungsanlage in London diskutiert. Welche Energiekosten fallen an, wenn man Salzwasser in Trinkwasser verwandelt? Die energiesparendste Methode ist die reverse Osmose. Nehmen Sie eine Membran, die nur Wasser durchlässt, dann geben Sie Salzwasser auf eine Seite davon und setzen es unter Druck. Das Wasser sickert langsam durch die Membrane, und wird zu reinerem Wasser – langsam, weil das reine Wasser getrennt vom Salz eine niedrigere Entropie hat, und die Natur einen Zustand höherer Entropie, in dem alles durcheinandergemischt ist, bevorzugt. Wir müssen Energie hoher Stufe zuführen um eine Entmischung zu erreichen.

Die Insel Jersey hat eine Entsalzungsanlage, die 6000 m³ reines Wasser täglich liefern kann (Fig.15.10). Einschließlich der Pumpen, die das Wasser aus dem Meer und durch eine Reihe von Filtern bringen, benötigt die Anlage eine Leistung von 2 MW. Das sind 8 kWh pro produziertem Kubikmeter Wasser. Bei 8 kWh pro m³ erfordert der tägliche Verbrauch von 160 Litern eine Leistung von 1,3 kWh/d.

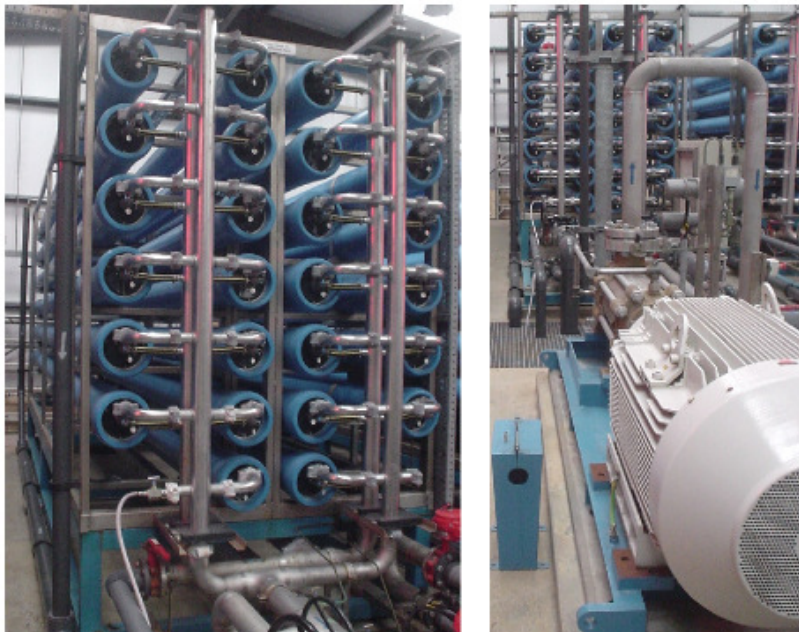


Fig.15.10: Teile der Osmose-Anlage in der Meerwasserentsalzungsanlage auf Jersey. Die Pumpe rechts im Vordergrund hat eine Leistung von 355 kW und schaufelt Seewasser bei einem Druck von 65 Bar in 39 spiralförmige Membranen. Das sind die in Bänken angeordneten waagrechten blauen Röhren (links). Sie liefert 1500 m³ Trinkwasser am Tag. Das Trinkwasser dieser Anlage verursacht Energiekosten von 8 kWh pro m³.

Einzelhandel

Unsere Supermärkte ♦(Zahlen aus England)◦ verbrauchen 11 TWh pro Jahr. Gleichmäßig auf 60 Millionen glücklicher Kunden verteilt ergibt das **0,5 kWh pro Tag pro Person**.

Supermarkets:
0.5 kWh/d

Die Signifikanz von importierten Gütern

In Standard-Zählungen des „Energieverbrauchs in Großbritannien“ oder des „CO₂-Fußabdrucks von Großbritannien“ werden importierte Güter *nicht* mitgerechnet. England war es gewohnt, sein eigenes Ding zu machen, und unser Pro-Kopf-Fußabdruck war 1910 so groß wie der Amerikas heute ist. Heutzutage fertigt England nicht mehr so viel (auch unser Energieverbrauch und unsere CO₂-Emission sanken etwas), aber wir lieben die „Dinge“ immer noch, und wir bekommen sie nun aus anderen Ländern geliefert.

Sollten wir nun die Herstellungs-Energiekosten eines Dinges ignorieren, weil es importiert ist? Ich denke nicht. Dieter Helm und seine Kollegen in Oxford schätzen, dass Englands CO₂-Fußabdruck nahezu doppelt so groß ist wie die offiziellen „11 Tonnen CO₂e pro Person“, nämlich 21 Tonnen. Das impliziert, dass der höchste Beitrag im energetischen Fußabdruck eines durchschnittlichen Engländers die Energiekosten von importierten Waren sind.

In Anhang H erforsche ich diese Idee weiter, im Hinblick auf das Gewicht britischer Importe. Ohne Brennstoffimporte liegen diese bei etwas über 2 Tonnen pro Person und Jahr, wovon 1,3 Tonnen auf verarbeitete und gefertigte Waren wie Fahrzeuge, Maschinen, weiße Ware, elektrisches und elektronisches Equipment entfallen. Das sind etwa 4 kg pro Tag pro Person. Solche Waren sind größtenteils aus Materialien, deren Herstellung mindestens 10 kWh pro kg erfordert. Daher rechne ich diesem Haufen von Autos, Kühlschränken, Mikrowellen, Computern, Fotokopierern und Fernsehern eine Graue Energie von mindestens 40 kWh/d pro Person zu.¹⁴

♦Die Außenhandelsbilanz Deutschlands sieht im Hinblick auf Graue Energie etwas anders aus. Hier halten sich importierte und exportierte Güter grob die Waage. Nehmen wir also zur Vereinfachung an, dass der Energieverbrauch der deutschen Industrie – obwohl er zu einem gewissen Teil exportiert wird, etwa

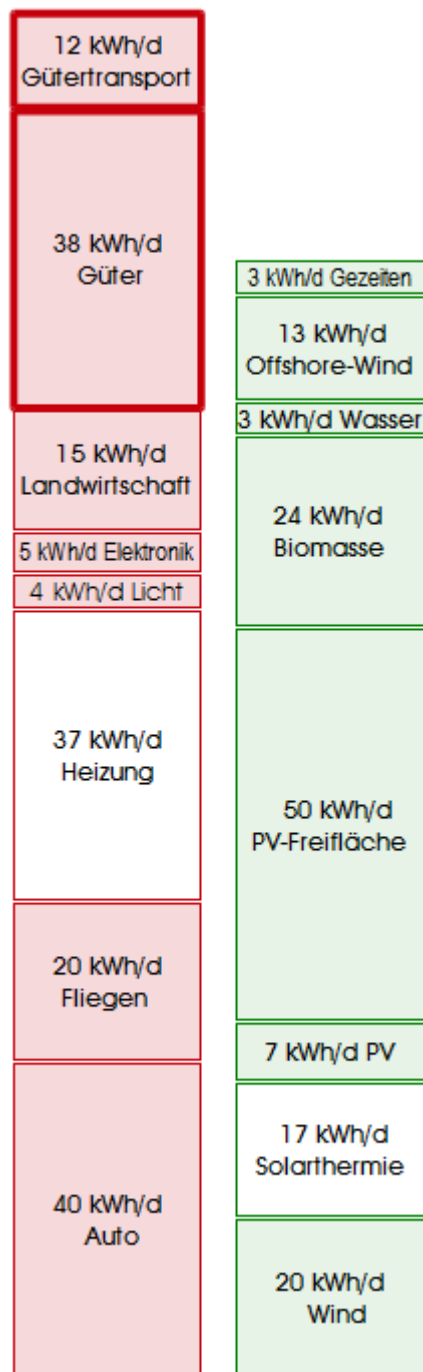


Fig.15.11: Die Herstellung unserer Gebrauchsgegenstände verbraucht um die 38 kWh/d, die Auslieferung weitere 12 kWh/d.

¹⁴ ♦Diese Zahl ist sehr grob abgeleitet, weil sie gewerbliche Importe nicht von privatem Verbrauch unterscheidet. Aus den gesamten Importen wären zumindest zuerst die Industriegüter (Fertigungsmaschinen, LKWs) oder Importe des Bauwesens, das oben im Hausbau schon einmal berücksichtigt war, herauszurechnen. Ähnliches gilt für importierten Dünger, importierte Lebensmittel, importierte Computer, Aludosen, Autos, Zeitschriften usw., die oben bereits in einer früheren Abschätzung nach ihrer Art mit berücksichtigt wurden. Zählt man die Graue Energie importierter Waren zum nationalen Zahlenwerk, müsste man grundsätzlich auch die Graue Energie exportierter Waren aus den nationalen Zahlen herausrechnen. Dies führt bei landesweiten Statistiken zu größeren Abgrenzungsproblemen (insbesondere wenn der Energiemix des Herstellerlandes und der des Verbraucherlandes deutliche Unterschiede aufweisen, vgl. Anhang H). Die graue Energie in britischen Exporten ist nach Angaben des Autors etwa 50% der importierten grauen Energie.

in Form von Autos, Maschinen oder Atomkraftwerken – dem Energie-Anteil der in Deutschland gekauften Dinge entspricht, also einschließlich importierter Playstations, Handys oder Solarzellen. Der Primär-Energieverbrauch des deutschen Industriesektors lag 2009 bei ca. 30 kWh/d/p (Quelle: [277xmp3]).

Um all diese Formen von Dingen des täglichen Gebrauchs und deren Transport zusammenzufassen, werde ich auf den Verbrauchsstapel **38 kWh/p pro Person** legen (30 für Industrieartikel, 2 für Zeitungen, 2 für Straßenbau, 1 für Hausbau, 3 für Verpackung) °für die Güter selbst und weitere **12 kWh/d pro Person** für den Transport auf der Straße, auf See und durch Leitungen, und für die Lagerung in den Supermärkten.

Work till you shop.

Traditional saying

Anmerkungen und Literaturhinweise

Seite

- 101 Eine Aludose verbraucht in der Herstellung 0,6 kWh:** Eine Dose wiegt 15 g. Abschätzungen zu den Energiekosten der Aluminiumherstellung variieren zwischen 60 MJ/kg und 300 MJ/kg. [yx7zm4], [r22oz], [yhrest]. Ich benutze den Wert der Aluminum Association [y5as53]: 150 MJ pro kg Aluminium (40 kWh/kg).
- 101 Eine 0,5l-PET-Wasserflasche** – Die eingebrachte Energie von PET ist 30 kWh pro kg.
- 101 Der Durchschnittsbürger wirft 400 g Verpackung täglich weg:** Im Jahr 1995 wurden 137 kg Verpackung pro Person in Großbritannien verwendet (Hird et al., 1999). In 2009 lag der Durchschnitt in Niedersachsen bei 157 kg Rest-Hausmüll und 62 kg im Dualen System [6drnb3s], nehmen wir 50% Verpackungsanteil im Restmüll an, ergibt das 140 kg jährlich.
- 102 Die Herstellung eines PC kostet 1800 kWh** Die Herstellung eines PC benötigt (an Energie und Rohmaterialien) das Äquivalent von etwa des 11-fachen seines Eigengewichtes an fossilen Brennstoffen. Kühlschränke brauchen 1-2 mal, Autos ebenfalls 1-2 mal ihr Eigengewicht. Williams (2004); Kuehr (2003).
- 102 Herstellung eines AA Nickel-Cadmium-Akkus** Quelle: Rydh and Karlström (2002). **Stahlherstellung:** Veröffentlichung von Swedish Steel: “Pro Tonne fertigen Stahl liegt der Verbrauch an Kohle und Koks bei etwa 700 kg, das entspricht etwa 5320 kWh pro Tonne von fertigem Stahl. Der Verbrauch von Öl, Flüssiggas und Elektrizität ist etwa 710 kWh pro Tonne des fertigen Produkts. Somit ist der gesamte [Primär-] Energieverbrauch etwa 6000 kWh pro Tonne von fertigem Stahl.” (6 kWh pro kg.) [y2ktgg]
- 102 Die Graue Energie eines Neuwagens ist 76 000 kWh** Quelle: Treloar et al. (2004). Burnham et al. (2007) nennen einen kleineren Wert: 30 500 kWh für die Netto-Lebenszyklus-Energie eines Autos. Ein Grund für den Unterschied könnte sein, dass letztere von der Annahme ausgehen, dass das Fahrzeug recycled wird, was die Netto-Materialkosten verringert.

- 102 **Papier hat einen Grauen Energieanteil von 10 kWh/kg:** Der Herstellungsprozess von Papier aus Frischholz kostet etwa 5 kWh/kg, das Papier selbst hat einen Energiegehalt ähnlich dem von Holz, etwa 5 kWh/kg. (Quelle: Ucuncu (1993); Erdinçler and Vesilind (1993); see p284.) Energiekosten schwanken zwischen Papierfabriken und zwischen Ländern. 5 kWh/kg ist der Wert für eine schwedische Fabrik aus 1973 nach Norrström (1980), der abschätzte, dass effizienz-steigernde Maßnahmen die Kosten auf 3,2 kWh/kg senken könnten. Eine neuere Lebenszyklus-Analyse (Denison, 1997) schätzt die Nettoenergiekosten der Zeitungsherstellung aus Frischholz in den USA gefolgt von einem durchschnittlichen Mix aus Mülldeponie und Müllverbrennung auf 12 kWh/kg; benutzt man Recyclingpapier und recycelt dieses auch vollständig, liegt man bei 6 kWh/kg.
- 103 **Die Energieintensität des Straßentransports in England liegt bei 1 kWh pro t-km.** Quelle: www.dft.gov.uk/pgr/statistics/datatablespublications/energyenvironment.
- 103 **Die Energieintensität dieses Containerschiffs liegt bei 0,015 kWh pro t-km.** Die *Ever Uberty* - 285 m lang, 40 m breit - hat eine Ladekapazität von 4948 TEU, Tragfähigkeit 63 000 t, und eine Geschwindigkeit von 25 Knoten; ihre normale Maschinenleistung ist 44 MW. Ein TEU ist die Größe eines kleinen 20-Fuß-Containers - etwa 40 m³. Die üblichen Container sind heute 40-Fuß, also 2 TEU groß. Ein 40-Fuß-Container wiegt 4 Tonnen und kann 26 Tonnen Zuladung tragen. Nimmt man den Wirkungsgrad des Schiffsantriebs zu 50% an, verbraucht das Schiff 0,015 kWh chemische Energie pro t-km. Quelle: www.mhi.co.jp/en/products/detail/container_ship_ever_uberty.html
- 103 **der britische Anteil am internationalen Schiffsverkehr** Quelle: Anderson et al. (2006).
- 104 **Fig.15.8: Energieverbrauch von Schiffen:** Die fünf Punkte in der Zeichnung sind: ein Containerschiff (46 km/h), ein Schüttgutfrachter (24 km/h), ein Öltanker (29 km/h), ein Militärboot (24 km/h) und die NS Savannah (39 km/h).
Schüttgutfrachter 0,08 kWh/t-km. Ein Frachter mit 5200 m³ Ladekapazität bewegt 3360 t DWT. (DWT, Dead-weight tonnage ist ein Maß für die Tragfähigkeit eines Schiffes.) Er erreicht eine Geschwindigkeit von 13 kn (24 km/h); seine Maschine, mit 2 MW Leistung, verbraucht 186 g Treibstoff pro kWh Antriebsenergie (42% Effizienz). conoship.com/uk/vessels/detailed/page7.htm
Öltanker Ein moderner Öltanker verbraucht 0,017 kWh/t-km [6lbrab]. Ladungsgewicht 40 000 t. Kapazität: 47 000 m³. Antrieb: 11,2 MW maximale Schubleistung. Geschwindigkeit bei 8,2 MW: 15.5 kn (29 km/h). Die in der Tankerladung enthaltene Energie ist 520 Millionen kWh. Also wird rund 1% der Energie im Öl bei seinem Transport um ein Viertel des Globus (10 000 km) verbraucht.
Befahrbare Frachtschiffe Die Schiffe der Wilh. Wilhelmsen Shipping Company erledigen Frachttransport mit Energiekosten zwischen 0,028 und 0,05 kWh/t-km [5ctx4k].
- 106 **Hier halten sich importierte und exportierte Güter grob die Waage.** ♦Eine vom Umweltbundsamt (UBA) in Auftrag gegebene Studie des Instituts für Energie- und Umweltforschung (ifeu) kommt sogar zu dem Schluss, dass die von Deutschland exportierten Güter (im Untersuchungsjahr 2003) etwa 20% mehr graue Energie enthalten als die deutschen Importe, relativiert dies jedoch wieder im Hinblick auf Energie- und Emissions-Effizienz der Energiesektoren verschiedener Länder: „Betrachtet man also die Menge der Emissionen, die durch den Güterfluss „über die Landesgrenzen fließen“, scheint es nahezu einen Ausgleich zwischen Import und Export zu geben.“ Schächtele und Hertle (2007) [6zsu9xs].

111 Die Kosten für Wasserversorgung und Abwasserentsorgung liegen bei etwa 0,4 kWh/d pro Person °Der Gesamtenergieverbrauch für die Wasserversorgung lag in 2005–6 bei 7703 GWh. Eine Wasserlieferung von 1 m³ beinhaltet Energiekosten von 0,59 kWh. Die Entsorgung von 1 m³ Abwasser verbraucht 0,63 kWh. Falls jemand an Treibhausgasemissionen interessiert ist: Wasserversorgung 289 g CO₂ pro m³ und Abwasserentsorgung 406 g CO₂ pro m³. Der häusliche Wasserverbrauch liegt bei 151 Liter pro Tag pro Person. Der gesamte Wasserverbrauch ist 221 l/d pro Person. Leckverluste summieren sich zu 57 Litern pro Tag pro Person. Quellen: Parliamentary Office of Science and Technology, [www.parliament.uk/documents/upload/postpn282.pdf], Water UK (2006).

105 Supermärkte Englands verbrauchen 11 TWh pro Jahr. Quelle: [yqbz13]

106 Helm und seine Kollegen schätzen, dass Englands CO₂-Fußabdruck nahezu doppelt so groß ist, nämlich 21 Tonnen – Helm et al. (2007).

