

Hauptbericht: Energiewirtschaftliche Weltlage und Konsequenzen für den Klimaschutz

1 Ziele und Indikatoren

Die Klimaziele sind relativ einfach zu formulieren. Gemäß Klimastudien muss bis 2030 der weltweite Ausstoß von CO_2 durch die Energiewirtschaft relativ zu 2013 mindestens stabilisiert, wenn möglich etwas reduziert und bis 2050 halbiert werden. Damit lässt sich die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre auf höchstens 450 ppm und die Erhöhung der mittleren Temperatur des Planeten (als Minimumziel) auf etwa 2°C begrenzen [5.8], [5.10].

Welche Grenzen werden damit der Energiewirtschaft gesetzt? Ausgegangen sei von der Situation in der Zeitperiode 2000 bis 2013 [5.11], [5.1]. Im Jahr 2000 wurden bei einem weltweiten Bruttoenergieverbrauch von 13,4 TWh, oder spezifisch von 2.1 kW/Kopf, 23'300 Mt CO_2 emittiert ($1 \text{ kWa} = 8760 \text{ kWh} = 0.753 \text{ toe}$, entspricht etwa der Energie von 1000 l Benzin). Seither steigt diese Zahl jedes Jahr an. Im Jahre 2013 lag sie gemäß IEA [5.11] bereits bei 32'300 Mt.

Diese Zunahme hat zwei Ursachen:

- a) Der Energieverbrauch nimmt als Folge des weltweiten Anstiegs des Bruttoinlandproduktes (BIP) zu. Letzter wächst mit dem Anstieg der Weltbevölkerung und vor allem wegen der berechtigten Zunahme des materiellen Wohlstandes in den Schwellen- und Entwicklungsländern. Das Verhältnis Energie/BIP ergibt die *Energieintensität* ε , die sich z.B. in kWh/\$ quantifizieren lässt. Um die Ziele des Klimaschutzes zu erreichen, bedarf es einer möglichst effizienten Umwandlung und eines möglichst effizienten Einsatzes von Energie, um eine möglichst niedrige Energieintensität zu erreichen. Man spricht deshalb auch von Energieeffizienz, wobei diese Größe reziprok zum Begriff der Energieintensität verwendet wird. Im Jahr 2013 betrug die Energieintensität weltweit, wenn man für das Bruttoinlandprodukt (BIP) den Wert bei Kaufkraftparität (KKP) nimmt, $\varepsilon = 1,61 \text{ kWh}/\$$ (in Dollar von 2007).
- b) Die CO_2 -Emissionen der Energie steigen, weil vor allem in den Schwellenländern, aber nicht nur dort, vermehrt Energien verwendet werden (Öl, Kohle), die viel CO_2 emittieren. Dieser Umstand wird durch die *CO_2 -Intensität k der verbrauchten Energie* berücksichtigt, ausgedrückt in g CO_2/kWh . Sie hängt von der Art der verwendeten Energie ab. So führt das bei der Kohleverbrennung freigesetzte CO_2 zu einem Wert von rund $k = 350 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$, die Ölverbrennung zu etwa $260 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ und die Erdgasverbrennung zu rund $200 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$. Die Verwendung von CO_2 -freien Energien (Wasserkraft, Solarstrahlung, Windenergie, Solarwärme, Geothermie, Biomasse, Strömungs- und Wellenenergie aber auch Kernenergie) entspricht theoretisch einem Wert $k = 0$. Weltweit ist der Wert der *CO_2 -Intensität* im Jahre 2013 im Mittel $k = 218 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ [5.1].

Dieser Trend zu steigenden CO_2 -Emissionen kann nur durch Einflussnahme auf beide Ursachen gebrochen werden. Maßgebend ist somit das als *CO_2 -Indikator η* bezeichnete Produkt der beiden Faktoren *Energieintensität ε* und *CO_2 -Intensität der Energie k* , der für eine *nachhaltige Energieversorgung* und somit wirksamen Klimaschutz möglichst klein gehalten werden muss.

Es gilt also:

$$\eta \left[\frac{g CO_2}{\$} \right] = k \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \times \varepsilon \left[\frac{kWh}{\$} \right]$$

$$\Delta \eta [\% / a] = \Delta k [\% / a] + \Delta \varepsilon [\% / a]$$

im Jahr 2013 betrug dieser *Indikator der CO₂-Nachhaltigkeit* weltweit 350 g CO₂/\$ (\$ von 2007). Er ist zusammen mit seinen Komponenten für ländervergleichende Betrachtungen zur Nachhaltigkeit der jeweiligen Energiewirtschaft und zur Wirksamkeit von Klimaschutz-Maßnahmen interessant. Er eignet sich deshalb als Diskussionsbasis und Ausgangspunkt für Verhandlungen. Wie groß müsste er als Referenzpunkt 2030 bzw. 2050 werden, um die Ziele des Klimaschutzes zu gewährleisten?

Von Interesse sind auch die sich daraus ergebenden Pro-Kopf-Indikatoren: e für Energie und α für CO₂-Emissionen (1 kWa = 8760 kWh).

$$e \left[\frac{kW}{Kopf} \right] = \varepsilon \left[\frac{kWa}{10'000\$} \right] \cdot y \left[\frac{10'000\$}{a, Kopf} \right]$$

$$\alpha \left[\frac{t CO_2}{a, Kopf} \right] = \eta \left[\frac{t CO_2}{10'000\$} \right] \cdot y \left[\frac{10'000\$}{a, Kopf} \right] = k \left[\frac{t CO_2}{kWa} \right] \cdot \varepsilon \left[\frac{kWa}{10'000\$} \right] \cdot y \left[\frac{10'000\$}{a, Kopf} \right]$$

worin mit y das Bruttoinlandprodukt bei Kaufkraftparität BIP (KKP) pro Kopf bezeichnet wird. Der Indikator α ist für die Klimaerwärmung entscheidend, da die Bevölkerungsentwicklung am ehesten voraussehbar ist, und macht langfristig als Zielgröße durchaus Sinn, eignet sich aber nicht besonders für aktuelle Vergleiche und somit als kurzfristige Verhandlungsbasis.

Im Folgenden seien zunächst die beiden für die Nachhaltigkeit der jeweiligen Energieversorgung maßgebenden Teil-Faktoren ε und k näher betrachtet.

1.1 Energieintensität

Um die Energieintensität der Volkswirtschaft in verschiedenen Ländern zu vergleichen, muss eine Messeinheit festgelegt werden, die es ermöglicht, die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit des Landes objektiv und gerecht zu definieren. Der absolute Wert des BIP in \$ entsprechend den Währungskursen erscheint dazu nicht besonders geeignet, da das Preisniveau und somit die Kaufkraft, welche letzten Endes die effektive Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit kennzeichnet, stark unterschiedlich sein kann. Deshalb wird von internationalen Organisationen (Weltbank, IMF) das BIP entsprechend der Kaufkraftparität BIP (KKP) für alle Länder ermittelt [5.7]. Verschiedentlich wurde versucht, auch andere Größen zu definieren. Doch bis heute ist das BIP (KKP) trotz den Mängeln, die dieser Größe als Wohlstandsindikator anhaften, die einzige statistisch verfügbare Kenngröße, die einen vernünftigen weltweiten Vergleich zulässt.

Will man diese Größe für die Jahre 2030 oder 2050 extrapolieren, müssen Szenarien für die Entwicklung des Energiebedarfs entsprechend dem Wachstum der Bevölkerung und des BIP entwickelt werden.

Von der Internationalen Energie Agentur (IEA) sind solche Szenarien für 2030 und 2035 ermittelt worden, die zusammen mit dem Energiebedarf des Jahres 2009 in Abb. 4 dargestellt sind [5.4], [5.5]. Das frühere WEO 2006 sah für 2030 zwei Szenarien vor: das Referenz-Szenario, das den damaligen Tendenzen entsprach, führt zu einem globalen Energiebedarf von 22 TW oder 2,7 kW/Kopf; das Alternativ-Szenario, welches den politischen Willen erfordert, die CO₂-

Emissionen zu begrenzen, führt zum Gesamtbedarf von knapp 20 TW oder 2,5 kW/capita. Extrapoliert man dieses Szenario bis 2050 erhält man bei einer Weltbevölkerung von 9 Mrd. Menschen einen spezifischen Verbrauch von 2,75 kW/capita und einen Gesamtverbrauch von 25 TW. Deutlich nachhaltiger ist das IEA „Szenario 450“ von 2009, das für 2030 weltweit einen Gesamtverbrauch von etwa 18,5 TW fordert, was 2,3 kW/Kopf entspricht. Die IEA-Szenarien für 2035 (New Policies Scenario und Gas Szenario von 2011, mit rund 22,3 TWh, Zuwachsrate etwa 1.5%/a), lassen einen grösseren Anteil fossiler Energieträger und damit auch eine etwas grössere Energieintensität zu. Um das 2-Grad-Ziel zu erreichen, müsste dies aber durch eine stärkere Reduktion der CO₂-Intensität der Energie kompensiert werden. Sie werden dem Klimaschutz nur dann gerecht wenn unterstellt wird, dass ein wesentlicher Teil des Verbrauchs an fossilen Brennstoffen dank CCS (Carbon Capture and Storage) nicht zur CO₂ - Anreicherung der Atmosphäre beiträgt. Das INDC-Szenario entspricht den Zusagen der Länder bis Ende 2014, ist aber ebenso ungenügend. Das letzte „Bridge-Szenario“ von 2015 [5.5] mit etwa 21 TWh nähert sich wieder dem optimalen Szenario 450, setzt aber wegen des höheren Anteils an fossilen Brennstoffen einen gewissen Einsatz an CCS voraus.

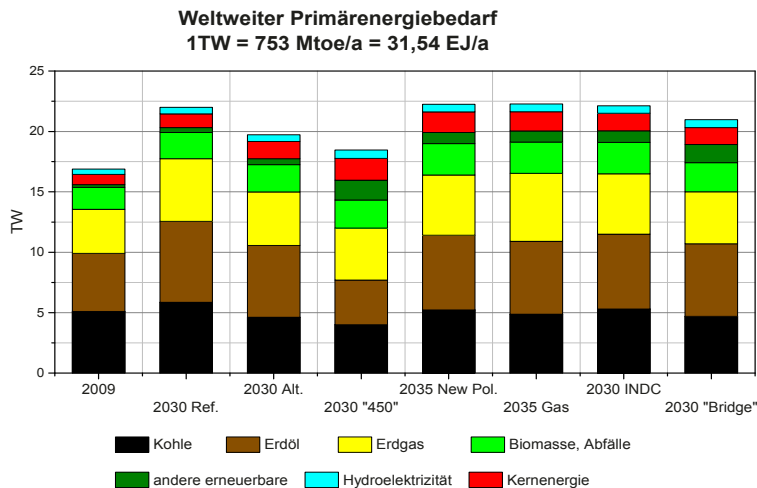


Abb. 4 IEA: Weltenergiebedarf 2009 und Szenarien für 2030 (bzw. 2035)

1.2 CO₂-Intensität der Energie

Wir betrachten nur das *Szenario 450* und das *Bridge-Szenario*, da die übrigen neueren Szenarien bezüglich der formulierten Klimaschutzziele schlechthin unzumutbar sind.

Das 450-Szenario für 2030 entspricht bei einem BIP (KKP) von 145'000 Milliarden \$ (\$ von 2007) einer weltweiten Energieintensität von 1,1 kWh/\$ (2013: 1,61 kWh/\$). Um die für das 2°C-Ziel gewünschten 194 g CO₂/\$ zu erreichen (strengere Variante *a* in [5.2]) müsste weltweit eine CO₂-Intensität der Energie von 176 g CO₂/kWh gewährleistet werden (2013: 218 g CO₂/kWh), was nur bei entsprechender starker Förderung erneuerbarer Energien noch als möglich betrachtet werden kann (Wert Europas in 2013: 188 g CO₂/kWh).

Das Bridge-Szenario entspricht einer Energieintensität von 1,25 kWh/\$ und erfordert somit für 2030 eine CO₂-Intensität der Energie von 155 g CO₂/kWh was nur bei zusätzlichem, wenn auch nur mäßigem Einsatz von CCS als realistisch erscheint.

Weltweite Energiewirtschaft und Klimaschutz

Crastan, V.

2016, XIII, 91 S. 86 Abb., 79 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-52654-5