



Die 2000 Watt-Gesellschaft: Ursprung und Realisierung einer Vision

*Dieter Imboden
Professor für Umweltphysik
ETH Zürich, Präsident des
Nationalen Forschungsrates
des Schweizerischen
Nationalfonds,
CH-8092 Zürich*

Die 2000 Watt-Gesellschaft: Ursprung und Realisierung einer Vision

Entwicklungspolitische Überlegungen standen am Anfang

Erfolgreiche Ideen machen sich unabhängig von ihren Müttern und Vätern, ihre Ursprünge gehen vergessen. Das ist einerseits die Vorausbedingung dafür, dass sie über den besonderen Kontext ihrer Entstehung hinaus allgemeine Gültigkeit und Akzeptanz erfahren. Andererseits geht aber mit den historischen Wurzeln oft auch ein Teil jenes Hintergrundwissen verloren, ohne das die Idee nur teilweise zu verstehen ist. Bei den Ideen – wie beim Menschen – kommt es somit auf ein gutes Gleichgewicht an zwischen dem Blick nach vorne und der Erinnerung an die historischen Wurzeln.

Dieser Beitrag berichtet über die Entstehung der Vision 2000 Watt-Gesellschaft, aber er will zugleich mehr sein als eine rückwärts gerichtete, wissenschaftshistorische Betrachtung. Er soll dazu beitragen, das Wesentliche der Vision im Auge zu behalten und sich nicht, wie das leider immer wieder geschieht, in Details zu verlieren, welche eine falsche Genauigkeit vortäuschen und letztlich der Idee schaden.

Am Anfang, nämlich im Jahre 1985, stand eine wissenschaftliche Publikation in der Zeitschrift *Ambio* (Band 14, S. 190-200) mit dem Titel *Basic Needs and Much More with One Kilowatt per Capita*. Verfasst wurde er von vier Energie-Spezialisten aus verschiedenen Teilen der Welt; Erstautor war José Goldemberg, Professor für Physik an der Universität von Sao Paulo in Brasilien. Ausgangspunkt der Überlegungen war die damalige Überzeugung (sie ist auch heute noch weit verbreitet), eine ökonomische und soziale Entwicklung in den armen Ländern setze einen signifikanten Anstieg des pro Kopf Energiekonsums voraus. Die Abbildung 1a stammt aus der erwähnten Publikation und suggeriert die vermeintliche Kausalität zwischen Energieverbrauch und ‚Lebensqualität‘ (letztere aus den drei Faktoren ‚Kindersterblichkeit‘, ‚Lebenserwartung‘ und ‚Alphabetisierungsgrad‘ berechnet). In ähnliche Figuren werden das Bruttoinlandprodukt und der Energieverbrauch korreliert (Abb. 1b). Und immer scheint die Botschaft zu lauten: Eine hohe Lebensqualität setzt eine grosse Energieverfügbarkeit voraus.

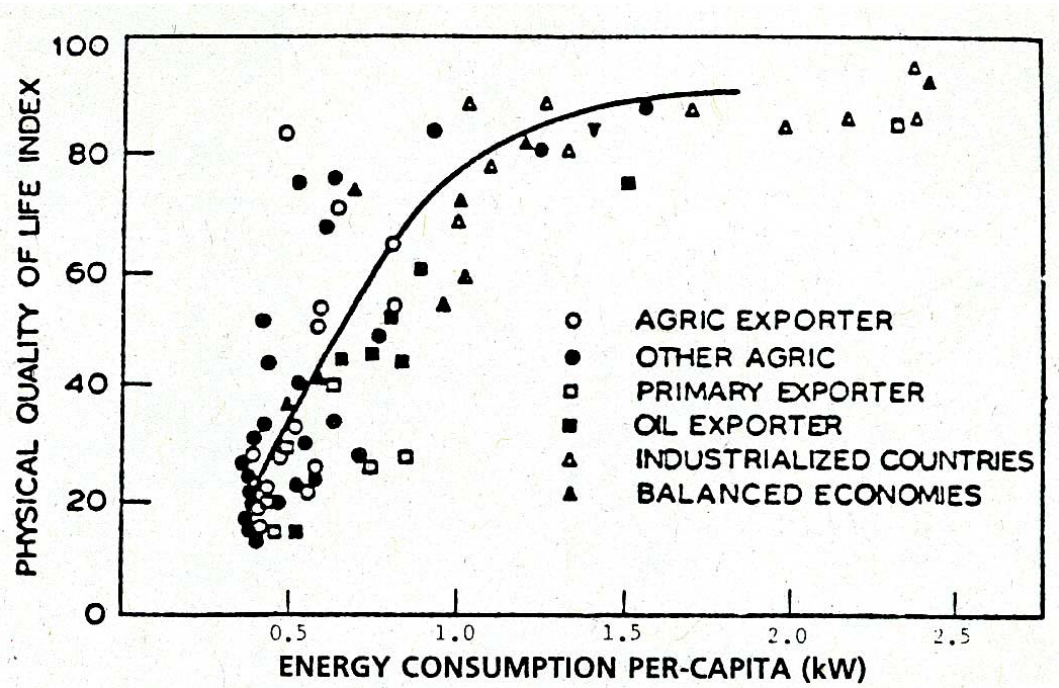


Abbildung 1a: Zusammenhang zwischen Lebensqualität und Energieverbrauch (aus Goldemberg et al. 1985, siehe Text)

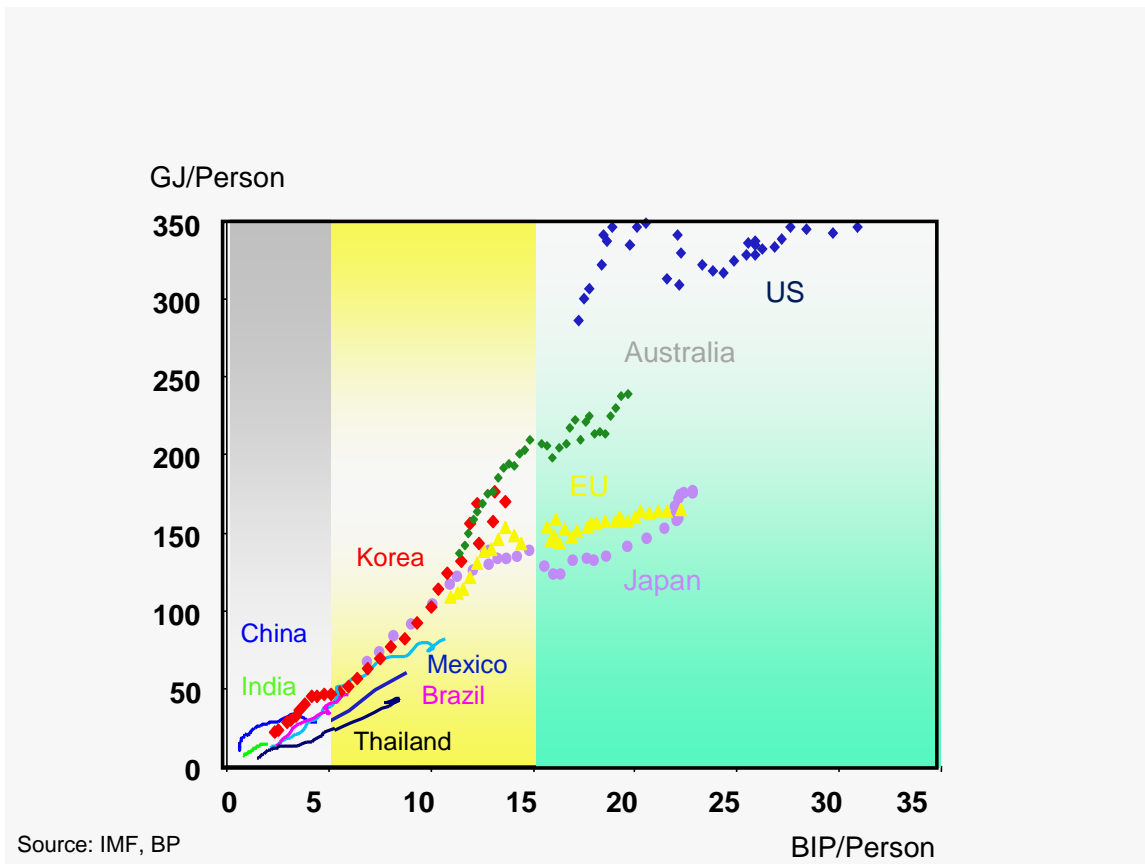


Abbildung 1b: Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Bruttoinlandprodukt

Für energiepolitisch versierte Entwicklungsspezialisten führte diese vermeintliche Logik in ein Dilemma. Schon damals war klar, dass der weitgehend auf fossilen Brennstoffen basierende Energieverbrauch aus verschiedenen Gründen (Ressourcen und Klima, um zwei zu nennen) weltweit eher ab- statt zunehmen sollte. Die Autoren stellten sich also die Frage, die bei allen Korrelationen dieser Art zu stellen ist: Gibt es tatsächlich eine direkte Kausalität zwischen den beiden Grössen oder spiegelt die Kurve nicht vielmehr zwei im Prinzip unabhängige Faktoren wieder, die kausal gar nicht streng verbunden sind: ‚Man wird reicher und leistet sich zugleich mehr Energie‘ – im Gegensatz zu ‚Man wird deshalb reicher, weil man genug Energie hat‘.

Die Autoren machten sich also daran abzuschätzen, wie gross die Energieverfügbarkeit pro Kopf sein müsse, um die Entwicklung eines Landes nicht durch eine zu restriktive Energieverfügbarkeit zu behindern. ‚Wie viel Energie braucht der Mensch für ein menschenwürdiges Leben?‘, lautete die Frage. Um diese zu beantworten, listeten sie detailliert die Aktivitäten einer Person (Wohnen, Ernährung, Mobilität, Güterproduktion, um die wichtigsten zu nennen) und die dazu nötigen materiellen Voraussetzungen für ein menschenwürdiges Leben auf und berechneten dann, wie viel Energie für diese Aktivitäten nötig ist – immer unter der Annahme der Verwendung effizienter, aber damals bereits verfügbarer Technologien.

Die Autoren kamen auf einen Betrag von rund 1000 Watt pro Person¹; die *1 Kilowatt-Gesellschaft* war geboren. Nicht nur die berechnete Zahl war dabei wegweisend, sondern auch die Verwendung der Leistungseinheit Watt statt der üblichen Joules pro Jahr (siehe Box). Wir können uns aufgrund unserer Erfahrung Leistungszahlen eher vorstellen als Energiemengen, zum Beispiel die Leistung eines Motors, eines Fahrzeuges oder auch den Leistungsverbrauch einer Glühlampe. Der oben berechnete Leistungsbedarf würde also beispielsweise dem Strombedarf von zehn permanent brennenden 100 Watt-Glühbirnen entsprechen, wobei dieser Vergleich nicht zur falschen Annahme verführen soll, es gehe hier nur um den Bedarf von elektrischem Strom.

Energie und Leistung: Joule und Watt

Die Energiemenge wird in Joule oder Kilowattstunden gemessen. Der Energieverbrauch pro Zeit wird Leistung genannt und in Watt angegeben. Das Watt ist definiert als 1 Joule pro Sekunde. Auch Kilowattstunden pro Tag oder pro Jahr werden als Leistungseinheit verwendet.

1000 Watt entspricht einer Leistung von

- 1000 Joule pro Sekunde, *oder*
- 24 Kilowattstunden pro Tag, *oder*
- 8'760 Kilowattstunden pro Jahr, *oder*
- einem Verbrauch von rund 850 Liter Heizöl bzw. Benzin pro Jahr.

¹ Genau waren es 1049 Watt pro Person.

Von der ‚Strategie Umwelt‘ zur ‚Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Bereich‘

Am 8. November 1995 befasste sich der ETH-Rat mit einem Bericht über die Umweltforschung im ETH-Bereich. Der Studiengang *Umweltnaturwissenschaften* der ETHZ war damals acht Jahre alt; sein Erfolg hatte auch auf andere Institutionen des ETH-Bereiches übergreifen und im ETH-Rat zu grundsätzlichen Überlegungen geführt, die Umweltwissenschaften zu einem strategischen Schwerpunkt zu machen. An der erwähnten Sitzung beschloss der ETH-Rat, im Bereich Umwelt eine nationale Führungsrolle anzustreben. Unter dem Namen *Strategie Umwelt* wurde eine Projektorganisation geschaffen, welche vier Arbeitsgruppen umfasste, die in den Gebieten Lehre, Forschung, Dienstleistungen und Wirtschaft konkrete Massnahmen zu erarbeiten hatten. Diese sollten über das engere Gebiet der Umwelt hinaus auch andere für eine menschenwürdige Zukunft der Gesellschaft wichtigen Aspekte einbeziehen.

Zwei Jahre später unterbreiteten die Projektanten ihre Vorschläge dem ETH-Rat. Dieser nahm im Januar 1998 zustimmend Kenntnis und gab grünes Licht für die nächste Phase. So entstand die *Strategie Nachhaltigkeit im ETH-Bereich*, welche später in Anlehnung an die Utopie *Nova Atlantis* von Francis Bacon den Namen *novatlantis* erhielt. Das ursprüngliche Konzept umfasste eine reiche Palette von konkreten Projekten in Lehre und Forschung sowie die Schaffung einer sog. Wirtschaftsplattform zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Wirtschaft im Bereich der Nachhaltigkeit.

Es würde zu weit führen, hier auf die einzelnen Ideen einzugehen; viele wurden später – aus unterschiedlichen Gründen – nicht weiter verfolgt. Ein Projekt hingegen, das schon in der Strategie Umwelt zum exemplarischen Fokus gemacht worden war, überlebte alle Phasen von novatlantis bis zum heutigen Tag, ja wuchs über den ETH-Bereich hinaus und schaffte es sogar in die langfristigen strategischen Ziele des Bundesrates: Die 2000 Watt-Gesellschaft.

Die 2000 Watt-Gesellschaft und der globale Energieverbrauch

Im Schlussbericht der Strategie Umwelt zuhanden des ETH-Rates² wird vorgeschlagen, das Projekt in einem ersten Schritt am Thema der nachhaltigen Energiezukunft zu konkretisieren. Wörtlich heisst es:

“Exemplarisch lässt sich die Dringlichkeit und Dimension am Energieverbrauch illustrieren. Die Schweiz verbraucht gegenwärtig einen jährlichen Energiefluss von rund 6000 Watt pro Kopf an kommerzieller Energie, inkl. der sogenannten importierten grauen Energie. Eine Reduktion auf 2000 Watt (1000 Watt aus fossilen Quellen, 1000 Watt erneuerbare Energie) gilt heute noch als Vision, sollte aber in 20 bis 30 Jahren erreichbar sein. Der ETH-Bereich will zur Erreichung dieser Vision massgebend beitragen. Dazu will er Strategien und konkrete Handlungsalternativen und Technologien für eine globale 2000 Watt-Gesellschaft entwickeln und dadurch seine gesellschaftliche Verantwortung zukunftsweisend wahrnehmen.”

Auch wenn im erwähnten Bericht nicht explizit auf die Arbeit von Goldemberg *et al.* Bezug genommen wird, so war die Idee doch wesentlich davon beeinflusst. Ausgehend vom berechneten Bedarf von 1kW/Person wurde erstens berücksichtigt, dass sich diese Zahl auf die für

² Von der Strategie Umwelt zur Strategie Nachhaltigkeit. Schlussbericht Phase 2 und Empfehlungen für die Phase 3, Bericht zuhanden des ETH-Rates, November 1997, Seite 4

Entwicklungsländer typischen warmen Klimazonen bezog, wohingegen in einem Land wie die Schweiz für die Raumheizung weit mehr (im Augenblick sind es rund die Hälfte des Energiebedarfes) aufgewendet werden muss. Zweitens ging es bei der Definition einer realistischen Zielvorgabe für ein Land, dessen direkter Verbrauch bereits bei 5000 Watt/Person liegt, nicht darum, das absolut Notwendige als Richtlinie zu nehmen. Der Wert von 2000 Watt/Person entsprach übrigens damals ziemlich genau dem globalen Durchschnitt (Abb. 2).

Energieverbrauch [W/Kopf]

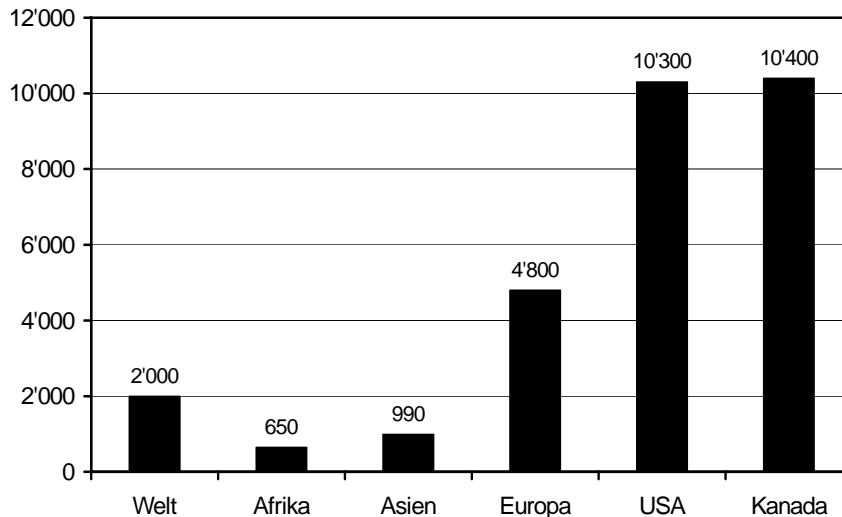


Abbildung 2: Kommerzieller Energiebedarf pro Kopf im Jahre 2000, global und für ausgewählte Länder bzw. Reigionen.

Halten wir fest: Ausgangspunkt bei der ‚Erfindung‘ der 2000 Watt-Gesellschaft waren die Überlegungen von Goldemberg *et al.* Die Verdoppelung des entwicklungspolitischen Grenzwertes von 1kW/Person beruhte also keineswegs auf einer ausgeklügelten Modellrechnung, sondern war lediglich eine grob abgeschätzte Zielvorgabe. Ich erinnere mich persönlich gut an unzählige Fragen und Einwände bezüglich der Festlegung der Zahl von 2000 Watt, zum Beispiel die, ob erneuerbare Energien mitzurechnen seien oder ob dieses Ziel in 25 oder erst in 30 Jahren erreicht werden müsse. In andern Worten: Die 2000 Watt-Gesellschaft hatte, nachdem sie sich einmal losgelöst hatte vom internen Kreis der an der Strategie Nachhaltigkeit mitarbeitenden Personen, sehr rasch den Ruf eines bis ins Detail ausgeklügelten, auf aufwendigen Modellrechnungen basierenden Konzeptes erhalten.

So beschloss ich denn eines schönen Tages anlässlich der Vorbereitung eines Vortrages im Stil der Goldemberg-Arbeit nachzuprüfen, wie sich der durchschnittliche Schweizer Energiebedarf auf Aktivitäten verteilt und wie er mit bereits zur Verfügung stehenden Technologien auf den Wert von 2000 Watt/Person zu senken wäre. Die Rechnungen waren denkbar einfach und innerhalb eines Nachmittags zu bewältigen (siehe Tabelle auf der nächsten Seite und Abb. 3). Zu meiner grossen Überraschung führten sie – ohne dass nachträglich Korrekturen bei den Annahmen nötig gewesen wären – sowohl bei der Reproduktion des Istzustandes als auch bei der Prognose für die 2000 Watt-Gesellschaft sehr präzise zu den erwarteten Werten von 5000 bzw. 2000 Watt/Person.³

³ Die graue Energie ist in den beiden Varianten nicht enthalten, ausser diejenige für die Autos.

Tabelle : Energiebedarf pro Person für einen typischen Haushalt

4 Personen (2 Erwachsene und 2 Kinder)

Wohnfläche: 200 m²; Fläche für Arbeit und Schule: 100 m²

Stromverbrauch im Haushalt: 6000 kWh/Jahr

Stromverbrauch am Arbeitsplatz und in der Schule total: 6000 kWh/Jahr

Mobilität 1 Mittelklasseauto mit 12'000 km/Jahr

Pro Person und Jahr 3000 km mit OeV

Pro Person und Jahr 2000 km mit Flugzeug

Dazu der durchschnittliche Anteil an der öffentlichen Infrastruktur und der Güterproduktion (inkl. Nahrungsmittel)

Umrechnungen:

1 Watt = 8.76 kWh/Jahr

1 kWh/Jahr = 0.114 Watt

Jährlicher Energieverbrauch pro Person

| Aktivität | Kennzahlen (heute/zukünftig) | Heute (Watt) | Zukünftig (Watt) | Umrechnung auf Primärenergie (Watt) mit Wirkungsgrad in % (heute/zukünftig) | |
|---|---|-----------------|---------------------|---|--------------|
| Wohnen & Arbeiten (Fläche 75m ²) | 500 MJ/m ² /Jahr 150 MJ/m ² /Jahr | 1'200 | 360 | 80% 1'500 | 80% 450 |
| Stromverbrauch total | 3000 kWh/J 1500 kWh/J | 340 | 170 | 60% 570 | 80% 210 |
| Mobilität, Auto (3000 km/Pers/J) inkl. grauer Energie des Fahrzeuges | 10 Liter/100km 1.4 kWh/km 3 Liter/100km 0.4 kWh/km | 480 | 140 | 100% 480 | 100% 140 |
| Oeffentl. Verkehr (3000 km/Jahr) | 0.4 kWh/km 0.3 kWh/km | 140 | 100 | 100% 140 | 100 |
| Flugzeug (2000 km/Jahr) | 1 kWh/Jahr 0.8 kWh/Jahr | 230 | 180 | 100% 230 | 180 |
| Güter und Nahrung | 800 Watt 400 Watt | 800 | 400 | 70% 1'140 | 80% 500 |
| Zwischentotal | | 3'190 | 1'350 | | |
| Infrastruktur | 20% vom totalen Verbrauch | 640 | 270 | 70% 900 | 80% 340 |
| TOTAL | | 3'830 | 1'620 | 4'960 | 1'920 |

Die Schweiz als 2000 Watt-Gesellschaft

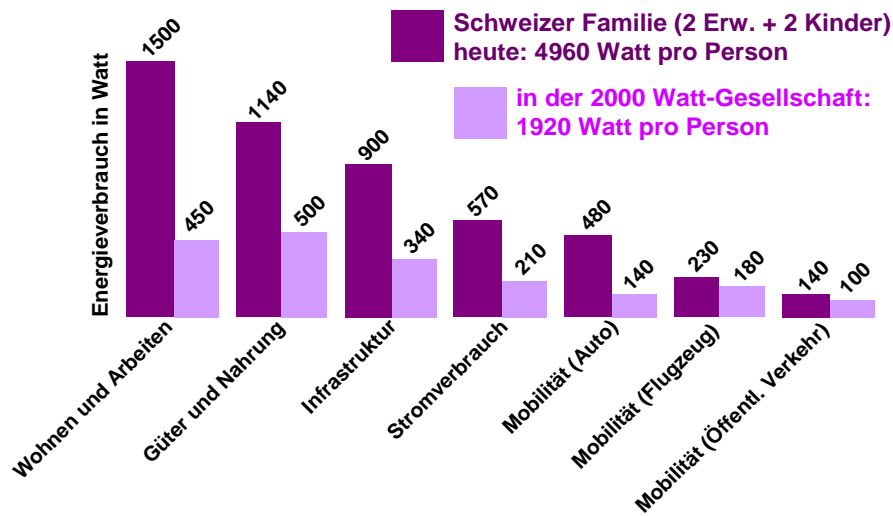


Abbildung 3: Energiebedarf pro Person, verteilt auf Aktivitäten, heute und in der 2000 Watt-Gesellschaft

Soweit die Bedarfsseite. Auch die Angebotsseite liess sich für die Verhältnisse der Schweiz leicht abschätzen (Abb. 4). Fixpunkte waren hier einerseits das bereits bestehende Angebot an Hydroelektrizität und zweitens die aus den damaligen Klimamodellen extrahierte durchschnittliche tolerierbare jährliche CO₂-Emission pro Person in den Jahren 2050 bzw. 2100. Aus dem Zusammenhang zwischen CO₂-Emission und Energiefreisetzung liess sich jener Restanteil berechnen, welcher pro Person auch künftig durch die Nutzung fossiler Energien zur Verfügung stünde. Das übrig bleibende Energiebedürfnis bis zu den anvisierten 2000 Watt beträgt dann maximal ca. 1000 Watt; dieser Wert liesse sich tatsächlich innerhalb weniger Jahrzehnte durch die Förderung erneuerbarer Energien (Sonne, Wind, Biomasse, Geothermie u.a.) erreichen, im Gegensatz zu einem Wert von mehreren tausend Watt pro Person, welcher für eine vollständige Umstellung auf ein erneuerbares Energiesystem zu produzieren wäre ohne eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz.

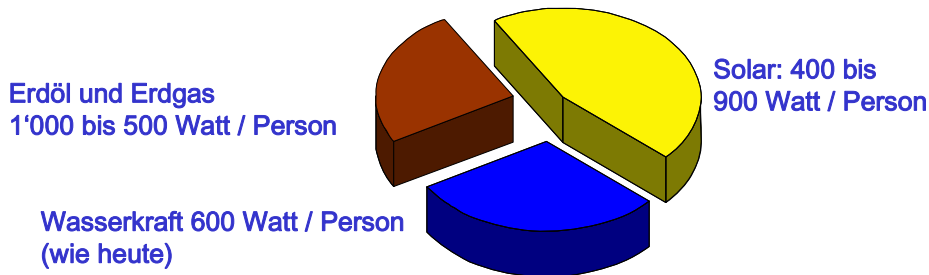
Seit der Verbreitung des Konzeptes der 2000 Watt-Gesellschaft durch *novatlantis* sind zahlreiche Studien erschienen, in denen mit der nötigen wissenschaftlichen Tiefe verschiedene Aspekte der 2000 Watt-Gesellschaft beleuchtet werden. Diese betreffen sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite. Besonders wichtig – und von den damaligen ersten Überlegungen praktisch ganz ausgeklammert – sind Arbeiten, welche sich mit dem dynamischen Prozess der Veränderung des Energiesystems und den ökonomischen Konsequenzen auseinandersetzen. Auch dieses Thema würde den Rahmen meines ‚historischen‘ Beitrages sprengen.

Immerhin möchte ich einen kurzen Blick in die Vergangenheit werfen, um Ihnen ein Gefühl für die Dynamik von Veränderungsprozessen zu vermitteln. Abbildung 5a zeigt die Entwicklung des Energieverbrauches pro Kopf für die Zeit 1900 bis 2000 (ohne graue Energieimportüberschüsse). Der Schritt über die 2000 Watt-Gesellschaft hinaus fand vor noch gar nicht so langer Zeit statt (ca. 1960).

Fazit 1

Die Schweiz könnte sich in zwei bis drei Generationen in eine nachhaltige 2000 Watt-Gesellschaft verwandeln. Die ökonomische Belastung dafür wäre minim. Umgekehrt brächte sie den Vorteil der grösseren Unabhängigkeit vom unsicheren Markt der fossilen Energieträger.

Möglicher Schweizer Energie-Mix in der 2000 Watt-Gesellschaft



Total 2'000 Watt pro Person

Abbildung 4: Bereitstellung der Energie in der 2000 Watt-Gesellschaft im Einklang mit den langfristigen Klimazielen. Die Nutzung von 500 Watt/Person in Form von Erdöl bzw. Erdgas entspricht einem jährlichen Ausstoss von ungefähr 1 t CO₂/Person.

Primär-Energie-Verbrauch pro Person (Watt/Person)

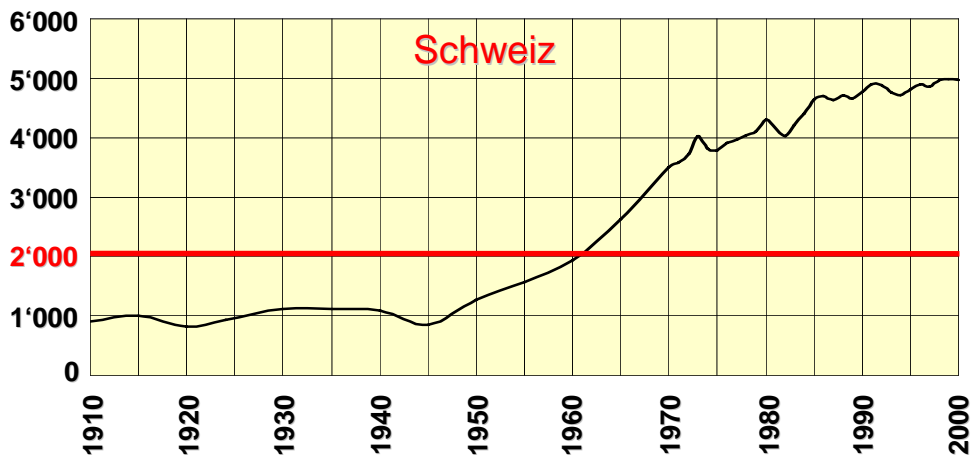


Abbildung 5a: Entwicklung des Primär-Energiebedarfs in der Schweiz von 1910 bis 2000

Zeitliche Veränderung der Energie-Effizienz

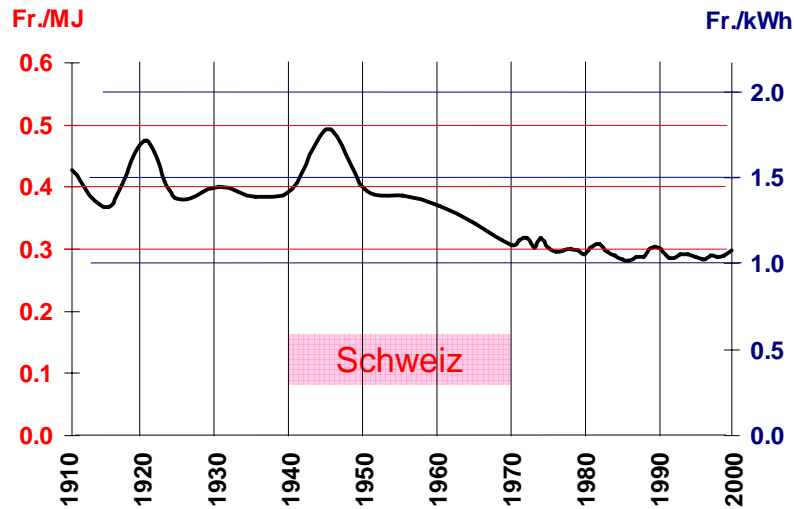


Abbildung 5b: Entwicklung der Energie-Effizienz in der Schweiz, d.h. des Verhältnisses zwischen Bruttoinlandprodukt und Primärenergiebedarf

Eine andere Zeitreihe (Abb. 5b) knüpft an die Überlegungen von Goldemberg *et al.* über den Zusammenhang zwischen Energie und Wohlstand an. Das Verhältnis zwischen Bruttoinlandprodukt und Energieverbrauch könnte als ‚volkswirtschaftliche Energieeffizienz‘ betrachtet werden (dies im Gegensatz zur Energieeffizienz von einzelnen Prozessen bzw. Tätigkeiten). Gemäss dieser Kurve ist die Schweiz während der Weltkriege am effizientesten mit der Energie umgegangen, was nicht erstaunt. Umgekehrt hat in den letzten Jahrzehnten offenbar die oft beschworene Entkoppelung zwischen Energiebedarf und Wirtschaftswachstum nicht stattgefunden, obschon die Energieeffizienz jeder einzelnen Tätigkeit (vom Heizen bis zur Mobilität) ständig wächst. Was technisch eingespart wird, wird durch die laufend wachsenden Ansprüche weggefressen.

Hilft die 2000 Watt-Gesellschaft aus der Krise?

Dem Konzept der 2000 Watt-Gesellschaft wird oft der Vorwurf gemacht, es sei unrealistisch und zu radikal. Was realistisch, d.h. realisierbar ist, entscheiden einerseits die Technik und andererseits die Politik, also die Menschen. Im Augenblick scheint es tatsächlich so zu sein, dass wir mehrheitlich an einer anderen Realität nachleben als der 2000 Watt-Gesellschaft. Der Energieverbrauch wächst weiter, nicht nur weltweit, sondern auch bei uns. Vielleicht dringt langsam die Tatsache in unser Bewusstsein, dass die Zeiten der billigen Energien und der Energieverschwendung vorbei sind.

Radikal ist hingegen das Konzept nicht. Dies lässt sich leicht anhand ein paar einfacher Überlegungen zeigen:

1. Der weltweite kommerzielle Energieverbrauch beträgt rund 2000 Watt/Person. Die Welt ist also global bereits eine 2000 Watt-Gesellschaft

2. Sollte der durchschnittliche Energiebedarf pro Person künftig konstant bleiben, würde der globale absolute Energiebedarf proportional zur Bevölkerung wachsen und – je nach Prognose – am Ende des Jahrhunderts etwas doppelt so gross sein.
3. Weil die Energieverfügbarkeit zwischen den Ländern heute noch sehr unterschiedlich ist (Abb. 2) und viele Länder noch immer unterhalb der ‚Goldemberg-Grenze‘ von 1kW liegen, müssten die Industrieländer ihren Energiebedarf pro Kopf deutlich senken, um den andern Raum für ein Wachstum einzuräumen.
4. Im Augenblick scheint kein Substitutionsprozess (Reich nimmt ab zugunsten von Arm) stattzufinden, der durchschnittliche Energiebedarf pro Kopf also eher zuzunehmen. Sollte als Folge davon der Prokopf-Verbrauch von 2000 auf 3000 Watt wachsen, würde sich in Kombination mit dem Bevölkerungswachstum beim globalen Energieverbrauch ein Bedarfsanstieg auf das Dreifache des heutigen Wertes ergeben.
5. Ob mit oder ohne 2000 Watt-Grenze: Der globale Bedarf wird wachsen. Da aber die Welt heute ihre kommerzielle Energie zu mehr als 90% aus fossilen Brennstoffen (Abb. 6) deckt, bleibt– wie radikal man auch immer plant – immer noch eine immense Aufgabe, will man die Vorgaben der Klima-Prognosen erfüllen.

Erstes Fazit: Die 2000 Watt-Gesellschaft mag zwar revolutionär scheinen, aber wird sie an den globalen Perspektiven gemessen, ist sie letztlich alles andere als zu radikal. – Zweites Fazit: Wie auch immer die Sache weiter geht, sowohl aus Sicht der Ressourcenverfügbarkeit (insbesondere bei Erdöl und Erdgas) als auch des Klimaschutzes muss die Schaffung eines nachhaltigen Energiesystems vor allem auf einer Reduktion des totalen Bedarfes mittels einer sehr viel effizienteren Nutzung der Energie erfolgen.

Energieverbrauch global 1850 - 2000

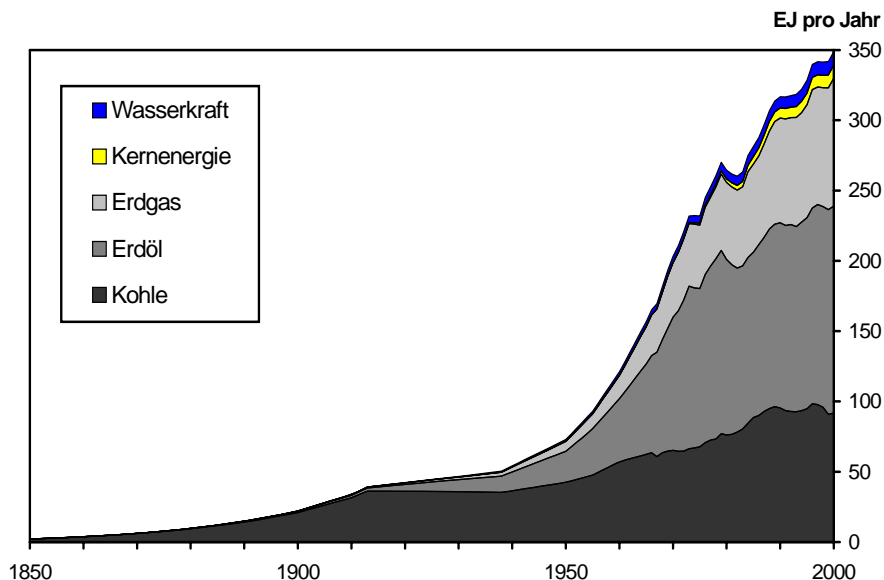


Abbildung 6: Entwicklung des globalen Energiebedarfs zwischen 1850 und 2000