

Plan B oder Faktor 10

Toni Gunzinger

Technoparkstrasse 1
CH-8005 Zürich
Tel. 043 456 16 00
Fax 043 456 16 10



Vorbemerkung

- Skizze eines Elektroingenieurs
- Mitdenken und in Frage stellen erwünscht
- Nur die Hauptfaktoren werden berücksichtigt, keine Details.
- Es geht um sehr viel Geld.
- Was wir in der Schweiz energiepolitisch entscheiden, ist für die Zukunft dieses Landes von sehr grosser Bedeutung.

Plan A

- Energiepolitik in der Schweiz wird «as it is» für die nächsten 20 Jahre weitergeführt.
- Mit welchen Folgen?

CO₂ Verbrauchstabelle

	CO ₂ [g / kWh] ¹⁾
Heizöl	310
Benzin	317
Diesel	306
Gas	243
Kernenergie	40

¹⁾ www.izu.bayern.de/download/xls/berechnung_co2_emissionen.xls

Primärenergie Verbrauch CH 2008

	Energie- verbrauch	Nicht erneuerbar	CO ₂ Ausstoss
Öl Heizung	69 TWh/a	69 TWh/a	21.4 Mio t/a
Öl Verkehr	75 TWh/a	75 TWh/a	23.8 Mio t/a
Öl Flugverkehr	6 TWh/a	6 TWh/a	1.7 Mio t/a
Kernenergie	77 TWh/a	77 TWh/a	3.0 Mio t/a
Wasser	44 TWh/a		
Gas	32 TWh/a	32 TWh/a	7.8 Mio t/a
Rest	24 TWh/a		
Total	327 TWh/a	259 TWh/a	57.8 Mio t/a
Total pro Einwohner (7.6 Mio Einwohner)	4.9 kW / Einwohner	3.9 kW / Einwohner	7.6 t/ Einwohner

Kosten importierter nichterneuerbarer Energie in CH

		Kosten pro Jahr (100 \$/Barrel)	Kosten pro Jahr (250 \$/Barrel)
Öl Heizung	69 TWh/a	3.9 MiaCHF ¹⁾	9.75 MiaCHF ¹⁾
Öl Verkehr	75 TWh/a	4.2 MiaCHF ¹⁾	10.5 MiaCHF ¹⁾
Öl Flugverkehr	6 TWh/a	0.3 MiaCHF ¹⁾	0.75 MiaCHF ¹⁾
Kernenergie	77 TWh/a		
Wasser	44 TWh/a		
Gas	32 TWh/a	2.2 MiaCHF ²⁾	5.5 MiaCHF ²⁾
Rest	24 TWh/a		
Total	327 TWh	10.6 MiaCHF	26.5 MiaCHF
Total pro Einwohner (7.6 Mio Einwohner)	4.9 kW / Einwohner	1'400.– CHF / Einwohner	3'500.– CHF / Einwohner

1) Wechselkurs: 0.8 CHF/\$, 10% für Raffinerie & Transport, 10kWh/l

2) 7 Rp / kWh bzw. 17.5 Rp/kWh

http://www.erdgaszuerich.ch/de/produkte-preise/erdgas/preise.html?tx_jppageteaser_pi1%5BbackId%5D=70

Folgen Plan A

- Die Schweiz bezahlt in Zukunft pro Jahr 20 bis 30 Mia CHF/a für den Import von nicht erneuerbarer Energie.
 - Zum Vergleich: Einnahmen Bund ca. 64 Mia CHF/a (2008) ¹⁾
 - In 20 Jahren: 400 bis 600 Mia CHF
 - Zum Vergleich: BIP CH ca. 540 Mia CHF/a
 - Die Schweizer Wirtschaft profitiert wenig von diesem Geld.
 - Meist geht das Geld an fragwürdige Staaten.
-
- 1) http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/18/02/blank/key/einnahmen_von_bund0/bund.html

Plan B: Ziele

- Reduktion der nicht erneuerbaren Energieträger um Faktor 10
- Reduktion des CO₂ Ausstosses um Faktor 10
- Keine Subvention der Mobilität
- Keine Subvention der Energie
- Keine AKW's
- Unabhängiger vom Ausland, z.B. keine Elektrizitätsimporte
- Unseren Lebensstandard im Wesentlichen erhalten
- Wirtschaftlich interessant
- Nur «ready to use» Technologien
- Macht Spass
- Ist in 20 Jahren umsetzbar
- Energiepolitischer Alleingang der Schweiz?

Primärenergie Verbrauch CH 2008

	Energie- verbrauch	Nicht erneuerbar	CO ₂ Ausstoss
Öl Heizung	69 TWh/a	69 TWh/a	21.4 Mio t/a
Öl Verkehr	75 TWh/a	75 TWh/a	23.8 Mio t/a
Öl Flugverkehr	6 TWh/a	6 TWh/a	1.7 Mio t/a
Kernenergie	77 TWh/a	77 TWh/a	3.0 Mio t/a
Wasser	44 TWh/a		
Gas	32 TWh/a	32 TWh/a	7.8 Mio t/a
Rest	24 TWh/a		
Total	327 TWh/a	259 TWh/a	57.8 Mio t/a
Total pro Einwohner (7.6 Mio Einwohner)	4.9 kW / Einwohner	3.9 kW / Einwohner	7.6 t/ Einwohner

Plan B: Design Prinzipien

1. Die sauberste, umweltfreundlichste, günstigste Energie ist die Energie, die nicht verbraucht bzw. umgewandelt wird.
2. Nichterneuerbare Energien sollen möglichst zu 100 % genutzt werden können.

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Was ist Gemeingut? (Commons)

- Gemeingut ist ein Jahrhunderte altes Wirtschaftskonzept, das den Umgang mit Gütern regelt, die von Einzelnen genutzt werden, jedoch der Gemeinschaft gehören.
- Beispiel: Der Bürgerwald gehört den Bürgern eines Ortes. Einzelne Bürger können den Wald nutzen und bezahlen eine von der Intensität der Nutzung abhängige Nutzungsgebühr. Am Ende einer Zeitperiode werden die Einnahmen aus den Nutzungsgebühren gleichmässig an alle Bürger verteilt.
- Anderes Beispiel: Allmend
- Die unfaire Nutzung von Gemeingut wird als Verbrechen geahndet.

Was ist Gemeingut? (Commons)

Gemeingut sind Güter, die der Gemeinschaft gehören:

- Der Planet Erde
- Luft (CO₂ Problematik)
- Wasser
- Boden
- Nicht erneuerbare Energien (z.B. Öl, Gas, Uran)
- Nicht erneuerbare Bodenschätze (z.B. Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Diamanten, seltene Erden, Urwald)
- Wissen
- Ruhe
- Sicherheit (z.B. beim Betrieb von Atomanlagen, bei der Lagerung radioaktiver Abfälle)
- ...

Wem gehören die Schätze der Erde aus dieser Perspektive?

Philosophische Grundlagen

- Jeder Mensch erhält, wenn er geboren wird, als «Mitgift» seinen Anteil an den Schätzen dieser Welt.
- Er muss die Schätze dieser Welt nicht nur mit den zur Zeit lebenden Menschen teilen, sondern auch mit den zukünftigen Generationen.
- Wer die Schätze dieser Welt nutzt, bezahlt neben den Erschliessungskosten neu auch eine Nutzungsgebühr. Die Nutzungsgebühr wird an alle Menschen (die heute lebenden und zukünftigen Generationen) verteilt.
- Da es jedoch mit dem heutigen Finanzsystem nahezu unmöglich ist, Geld über Generationen hinaus weiterzugeben, wird der Ausgleich auf die heute lebenden Menschen begrenzt.

Erneuerbares Gemeingut / Nicht erneuerbares Gemeingut

- Erneuerbares Gemeingut, kann sich über Zeit wieder nachbilden:
z.B. Wald, Fische.
- Nicht erneuerbares Gemeingut erneuert sich nur über sehr
grosse Zeiträume:
 - Urwald: 200 bis 1000 Jahre
 - Grundwasser: 1 bis 1000 Jahre
 - Luft (CO₂-Abbau): mehrere 100 Jahre
 - Öl: 100 bis 200 Millionen Jahre
 - Uran: 1000 Millionen Jahre
- Mögliche Definition: Gemeingut gilt als erneuerbar, wenn es sich
innerhalb einer Generation (25 Jahre) erneuern kann. Alle
anderen Gemeingüter gelten als nicht erneuerbar.

Gemeingut

4 Gemeingüter, die im Zusammenleben besonders wichtig sind:

Gemeingut Luft

Gemeingut öffentlicher Raum

Gemeingut Ruhe

Gemeingut risikoarm leben

Gemeingut Luft

- Luft ist eine unserer Lebensgrundlagen. Luftverschmutzung kann nicht örtlich abgegrenzt werden.
- Z.B. CO₂: entsteht bei allen Verbrennungsprozessen
- CO₂ Ausstoss bei erneuerbaren Energieträgern (z.B. Holz): problemlos, da es von den Pflanzen wieder absorbiert wird.
- CO₂ Ausstoss bei nicht erneuerbaren Energieträgern (z.B. Öl, Gas, Kohle): grosser, fast irreversibler Schaden am Gemeingut Luft. Die Natur benötigt mehrere 100 Jahre, um dieses CO₂ wieder abzubauen.
- Geschätzte Schadengrösse: mind. 5% des BIP der CH (500 Mia CHF) → 25 Mia CHF Luftverschmutzungskosten pro Jahr
- Bei 57 Mio t CO₂ Ausstoss pro Jahr → 440 CHF / t CO₂ oder 44 Rp / kg CO₂
- Heute beträgt die CO₂ Abgabe 32 CHF / t CO₂ (nur auf Heizung!)
- → um Faktor 10 zu niedrig!

Gemeingut Luft Verbrauchstabelle

	CO ₂ [g/ kWh]	CO ₂ Abgabe [Rp/ kWh]	Verbrauch [TWh / a]	Kosten [MiaCHF/a]
Heizöl	310	13.6	69	9.4
Benzin	317	13.9	75	10.4
Diesel	306	13.5		
Gas	243	10.7	32	3.4
Kernenergie ¹⁾	40	1.8	77	1.4
TOTAL ²⁾				24.6

$$\begin{aligned}
 {}^1) \text{CO}_{2\text{-elek}} &= \text{CO}_{2\text{therm}} * E_{\text{therm}} / E_{\text{elekt}} \\
 \text{CO}_{2\text{-elek}} &= 1.8 \text{ Rp/kWh} * 77 \text{ TWh} / 24 \text{ TWh} \\
 \text{CO}_{2\text{-elek}} &= 5.6 \text{ Rp/kWh}
 \end{aligned}$$

²⁾Der Flugverkehr zahlt keine CO₂ Abgabe. Weshalb?!

Gemeingut öffentlicher Raum

- Mobilität benötigt Raum, je nach Verkehrsmittel unterschiedlich viel:
 - U-Bahn < 1 m²
 - Fussgänger 1 m²
 - Velo 10 m²
 - ÖV (Stadt) 15 m²
 - ÖV (CH) 25 m²
 - Auto 100 m² (Quelle: Prof. Brändli, ETHZ)
- Ressourcenverbrauch Raum ist besonders wichtig in der stark besiedelten Schweiz.
- Stadt Zürich: Die Autofahrer (25 %) verbrauchen 74% der Verkehrsfläche!
- Wären die Passagiere eines vollgestopften Trams mit 200 Personen (morgens um 8 Uhr am Bellevue) mit dem Automobil unterwegs, gäbe es eine 4 km lange Autokolonne.

Gemeingut öffentlicher Raum

- In der CH 1'700 km Autobahn, Breite 16m → 27.6 km² Fläche
- In der CH 69'300 km zusätzliche Strassen, Breite 8m → 554.4 km² Fläche
- Totale Fläche für Mobilität: 581 km² an zum Teil bester Lage
Gebäudegrundfläche: 400 km² (Wohnen, Arbeiten und Freizeit)
rund 50% mehr Fläche für Mobilität als zum Leben!
- Kapitalisierung: bei 500 CHF/ m² → 290 Mia CHF Mobilitätsraumkosten (öffentlicher Grund)
- Umwandlungssatz von 8% → 23.2 Mia CHF pro Jahr
- Strassenunterhaltskosten: 100'000 CHF/ km & Spur →
bei 148'800 km • 100'000 CHF / km → 14.9 Mia CHF pro Jahr
(Wird heute mit den Steuern bezahlt!)

Gemeingut Ruhe

- Ruhe ist ein Grundbedürfnis → Lärmemissionen müssten finanziell abgegolten werden.
- Mobilitätsformen mit wenig Lärmemissionen:
z.B. Fussgänger, Fahrrad, Elektromobil
- Mobilitätsformen mit viel Lärmemissionen:
z.B. Auto, Zug, Flugzeug
- Wie lassen sich Lärmemissionskosten berechnen?
- Liegenschaften an stark befahrenen Strassen verlieren bis zu 50% ihres Wertes.
- Geschätzte \emptyset Einbussen auf allen Liegenschaften der CH (2500 Mia CHF): 10% (250 Mia CHF)
- Umwandlungssatz von 8% → 20 Mia CHF Lärmkosten pro Jahr
- Verteilung der Lärmkosten auf alle Lärmverursacher
Grundlage ev. Lärm-Zeit-Produkt (dBmin)

Gemeingut risikoarm leben

- Risiken von **AKWs**: Kosten eines SuperGAUs in der CH: 5'000 Mia CHF (50 Jahre • 100 Mia / Jahr)
- Real benötigte Versicherungsprämie: 1 ‰ pro Jahr von 5'000 Mia → 5 Mia CHF pro Jahr pro AKW
- Abgerundete Prämie für 5 AKW's: 5 Mia CHF pro Jahr
- Risiken von **Stauseen**, z.B. Grand Dixence (Volumen 401 Mio m³): geschätzte Schadensumme 100 Mia CHF
- Alle Speicherseen (Volumen 3'881 Mio m³): Schadensumme 968 Mia CHF
- Benötigte Versicherungsprämie: 1 ‰ pro Jahr von 968 Mia CHF → 1 Mia CHF pro Jahr

- Totale Risikoabgeltung: **6 Mia CHF** pro Jahr (heute zum Nulltarif!) (Haftpflichtversicherung durch das Schweizer Volk)

Gesamte Gemeingutabgeltung für die CH

	[Mia CHF pro Jahr]	Pro Einwohner und Jahr [CHF]
Ruhe	20	2'613
Luft	25	3'289
Raum	15	1'974
Risikoarm leben	6	789
TOTAL Nutzungsgebühren	66	8'665

(BIP beträgt ca. 500 Mia CHF/a)

Gemeingut und Grundeinkommen

- Natürliche Konsequenz: Rückerstattung der Nutzungsgebühren von Gemeingut führt zu einem Grundeinkommen.
- Das Grundeinkommen ist in der Schweiz bereits eine Realität: CO₂ Abgabe seit 1. Januar 2008
- CO₂ Abgabe seit 1.1.2010: 36 CHF / t CO₂ → 9 Rp. pro Liter Heizöl (z.Z. noch ohne Einbezug der Mobilität)
- Das Grundeinkommen beträgt heute in der Schweiz 4.05 CHF pro Monat.
- Leider wird das Grundeinkommen in der Krankenkassenprämie «versteckt».

Jährliche Rückzahlungen: Zins und Amortisation

Zins	1%	2%	3%	4%	5%	6%
Jahre						
10	10.6%	11.1%	11.7%	12.3%	13.0%	13.6%
20	5.5%	6.1%	6.7%	7.4%	8.0%	8.7%
25	4.5%	5.1%	5.7%	6.4%	7.1%	7.8%
30	3.9%	4.5%	5.1%	5.8%	6.5%	7.3%
40	3.0%	3.7%	4.3%	5.1%	5.8%	6.6%
50	2.6%	3.2%	3.9%	4.7%	5.5%	6.3%

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. **Elektrizität**
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Produktion elektrischer Energie in CH

	Energie	Anteil	Herstellkosten [Rp/ kWh]
Speicherseen	20 TWh/a	33%	4.5
Flusslaufwerke	16 TWh/a	27%	4
AKW's	24 TWh/a	40%	5.2
TOTAL	60 TWh/a	100%	4.6

Stromkosten beim Endkunden: 15 Rp/kWh
(inkl. Netzkosten von 9 Rp/kWh und MWSt)

Verbrauch elektrischer Energie in CH

Relevante Grössenordnungen:

- Elektrische Jahresenergie 60 TWh
 - Haushalt: 1/3 (20 TWh)
 - Industrie: 1/3 (20 TWh)
 - Gewerbe & Dienstleistungen: 1/3 (20TWh)
- Anzahl Abnehmer ca. 2 Mio.
- Maximale Produktionsleistung (Wintertag um 18h) **10 GW**
- Minimale Produktionsleistung (Sommernacht) **3.5 GW**
- Ø Leistung / Abnehmer während des Jahres 1.8 ... 5 kW
- Ø Jahresenergie / Abnehmer 30'000 kWh
- Ø elektrische Energie / Einwohner 7900 kWh
(inkl. Industrie, sonst ca. 2600 kWh / Einwohner)

Realkosten von Atomstrom

Berechnungsgrundlagen

- Schadensumme AKW SuperGAU in der CH: 5'000 Mia
- Versicherungsprämie: 1 ‰ von 1'000 Mia → 1 Mia CHF/a pro AKW
- Endlager: Bau 10 Mia CHF, Unterhalt 10 Mia CHF (500 Personen für 100 Jahre: Kontrolle, Forschung, ENSI → 100 Mio CHF/a) → insgesamt 20 Mia CHF
- Abbau eines AKW: 500 Mio CHF
- CO₂ Kompensation wird berücksichtigt.
- Netzkosten: 9 Rp/kWh
- Neubau eines AKW: 15 Mia CHF
- Amortisation über 50 Jahre
- Zins: 5%
- Schadensumme Speicherkraftwerk: 100 Mia für Grande Dixence

Realkosten von Atomstrom: Berechnung

	AKW Mühleberg	AKW Gösgen	AKW Leibstadt	AKW Beznau 1/2	Summe/ Durchschnitt	AKW Neu	Grande Dixence
Inbetriebnahme	1972	1979	1984	1971		2025	1961
Leistung [MW]	355	985	1165	365		1500	2039
Energie [GWh/a]	2799	7766	9185	2878	22627	11826	2000
Ausserbetriebnahme	2022	2029	2034	2021		2075	unbestimmt
Produzierte Energie bis Ende [TWh]	28	132	202	26	388	745	
Baukosten [MCHF]	0	0	0	0		15000	
Amortisation [MCHF/a]	0	0	0	0		821	
Unterhalt [MCHF/ a]	196	311	505	158		500	90
Versicherung [MCHF/ a]	1000	1000	1000	1000		1000	100
Abbaukosten [MCHF]	500	500	500	500		500	
Stromherstellkosten [Rp/ kWh]	7	4	5.5	5.5	5.2	11.2	4.5
Versicherung [Rp/ kWh]	35.7	12.9	10.9	34.8		8.5	5.0
Entsorgung [Rp/ kWh]	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	
CO2 Abgabe [Rp/ kWh]	5.6	5.6	5.6	5.6		5.6	
Abbau [Rp/ kWh]	1.8	0.4	0.2	1.9		0.1	
Total Energiepreis [Rp/ kWh]	55.3	28.0	27.4	52.9	34.3	30.4	9.5
Netzkosten [Rp/ kWh]	9	9	9	9		9	9
Verbraucherpreis [Rp/ kWh]	64.3	37.0	36.4	61.9		39.4	18.5
Inkl. MWst auf Herst/ Netz [Rp/ kWh]	65.6	38.1	37.5	63.1		41.1	19.6

Atomstrom kostet neu inkl. Abbaukosten, Lagerkosten und Risikoversicherung **34.3 Rp/kWh** (heute: 5.2 Rp/kWh) !

Erkenntnisse Atomenergie

1. Die Herstellung von Atomstrom ist unter Berücksichtigung der realen Kosten sehr teuer.
2. Atomkraftwerke sind nicht sicher:
 - Ursprüngliches Versprechen: THR 100'000 Jahre → bei 400 AKW's alle 250 Jahre eine Kernschmelze
 - Realität: THR 4'000 Jahre → alle 10 Jahre eine Kernschmelze
 - «Operator» Dilemma im Kontrollraum...
3. Das Endlagerproblem ist nicht gelöst.

→ Zukunft ohne AKW's!

Produktionskosten elektrische Energie neu

	Energie	Anteil	Herstellkosten [Rp/ kWh]	Herstellkosten neu [Rp/ kWh]
Speicherseen	20 TWh/a	33%	4.5	9.5
Laufwerke	16 TWh/a	27%	4	4
AKW's	24 TWh/a	40%	5.2	34.3
TOTAL	60 TWh/a	100%	4.6	18

- Die Stromproduktionspreise werden als Folge auf rund 35 Rp/kWh steigen, denn die Wasserkraftwerke würden ihre Strompreise angleichen.
- Wer verdient am erhöhten Preis...?
- Beim Endkunden kostet der Strom neu rund 46.8 Rp/kWh (heute ca. 15Rp/kWh) → **3 x teurer**

Sparpotential bei elektrischer Energie

Der neue, hohe Preis für elektrische Energie motiviert zum Energiesparen:

1. Bewussterer Umgang: ca. 10% Einsparung
(10% von 60 TWh = 6TWh)
2. Warmwasserproduktion in den Haushalten mit thermischen Sonnenkollektoren: 10% Einsparung
(10% von 20 TWh = 2 TWh)
3. Ersatz von Elektroheizungen durch Wärmepumpen: 2 TWh Einsparung
(240'000 Elektroheizungen zu 11'700 kWh → 2.8 TWh/a → Reduktion auf 0.7 TWh/a)
4. Optimierung in Industrie & Dienstleistung: 30% Einsparung
(30% von 40 TWh/a = 12 TWh)

→ Sparpotential rund 22 TWh (= heutige Energiegewinnung aus AKW's)

Die Grossverbraucher von elektrischer Energie

- Die Grossverbraucher sind Firmen (300 von 300'000). Sie verbrauchen 10% der elektrischen Energie (6 TWh).
- Oft wird bei den Grossverbrauchern Prozesswärme benötigt: z.B. Papierfabrik (Papiertrocknung), Asphaltherstellung (Steintrocknung), Zementherstellung, Verzinkerei
- Neue Idee: Grossverbraucher werden Kraftwerke mit Wärmekraftmaschinen und nutzen die Abwärme. z.B. Gasmotor → elektrische Energie, Abwärme → Prozesswärme (Gross-Gaskraftwerke können kaum Abwärme nutzen!)
- Bei 50% Wirkungsgrad \emptyset Leistung: 2.3 MWel (Gesamtpotential: ca. 110 MWel)
- Falls nicht möglich (z.B. bei Aluminiumherstellung): Sonderregelung

Potential Solarenergie

- Grundfläche CH 40'000 km² 100%
- Bebaute Fläche 2'400 km² 6%
- Gebäudegrundfläche 400 km² 1%
- Dachfläche geeignet für Photovoltaik
(1/4 der Gesamtdachfläche) 100 km²
- Elektrische Energieproduktion mit
Photovoltaik 100 Wh/m²
- **Total Potential Solarenergie 10 TWh/a**

Zum Vergleich:

- Stauseen in der Schweiz 93 km²
- **Total Wasserenergie 20 TWh/a**

Quelle: [www.bfe.admin.ch/.../stream.php?...Photovoltaik-Potenziale%20Schweiz%](http://www.bfe.admin.ch/.../stream.php?...Photovoltaik-Potenziale%20Schweiz%20)

Kosten Solarenergie: Sägewerk Bettschen, Reichenbach



- Spitzenleistung: ca 300 kWp ¹⁾
- Baujahr: 2009
- Fläche: 3187 m²
- Jährliche Energie: 420'000 kWh/a
- Investitionen (2011) 3.3 MCHF
- Abschreibung: 25 Jahre
- Zins: 3 %
- Jährliche Amortisation: 5.7% → 188.1 kCHF/a
- Elektrizitätspreis: ca. 45 Rp/kWh
Zu teuer?

¹⁾ Neue Energie für die Schweiz, Nr.2, Herbst 2011

Kosten Solarenergie: heutige Marktpreise

- Spitzenleistung: 3 kWp ¹⁾
- Fläche: 28 m²
- Jährliche Energie: 2800 – 3300 kWh/a
- Investitionen (2011) 14'100 CHF
- Abschreibung (Zeit): 25 Jahre
- Zins: 3 %
- Jährliche Amortisation: 5.7% → 804 CHF/a
- Energiepreis: ca. 27 Rp/ kWh
- Nächste Generation: < 20 Rp/ kWh

- → Viele Hauseigentümer würden auch ohne Subventionen eine eigene Solaranlage installieren und den Strom lokal speichern.
- **Deutschland installiert 2011 Solaranlagen für 5.2 GWp (= 1 AKW) (18c pro kWh = Preisparität!)**

• ¹⁾ <http://www.helvetic-energy.ch/doc/pv/ProfitierenSieDE.pdf>

Erkenntnisse elektrische Energie

1. Atomstrom ist teuer und risikoreich → Verzicht macht Sinn.
2. Preis für elektrische Energie würde sich verdreifachen.
3. Durch Energiesparmassnahmen kann soviel elektrische Energie eingespart werden wie die heutigen AKW's produzieren.
4. Sonnenenergie kostet heute rund 27 Rp/kWh. Mit neuester Technologie sinken die Kosten auf unter 20 Rp/kWh.
5. Wichtig: Sonnenenergie muss zum Teil gespeichert werden, z.B. in Speicherseen, Elektromobilen oder lokalen Batterien.

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
- 3. Mobilität**
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Mobilität

- Folge der Moderne: Jeder Mensch kann sich jederzeit frei bewegen.
- Wichtig: Unterschiedliche Bewegungsarten verbrauchen unterschiedlich viel Ressourcen (Luft, Raum, Ruhe).
- Jedes Verkehrsmittel trägt alle Kosten die es verursacht (inkl. Unterhalt, Unfälle).
- «Fair Prize»: faire Abgeltung der verbrauchten Ressourcen

Mobilitätsanteile

	[M Personen km]	Anteil CH	Stadt Zürich
Bahn	18'585	15.4%	25%
Auto	89'930	74.3%	25%
Langsamverkehr	7'486	6.2%	25%
ÖV auf Strasse	5'359	4.4%	25%
Total	121'360	100%	100%

Kontrollrechnung Auto:

$\text{Pkm} = (\text{E-verbrauch Auto CH Total}) / (\text{mittl. E-verbrauch/Fahrzeug}) * \text{Pers/Fahrzeug}$

$\text{Pkm} = 75 \text{ TWh} / (80\text{kWh}/100\text{km}) * 1.1 \text{ Pers} = 93'750 \text{ M Personen km}$

Quelle: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/05/blank/key/verkehrsleistungen/leistungen.html>

Automobilitätskosten

	Kosten insgesamt [Mia CHF/a]	Pro Liter [CHF/l]
Benzinpreis heute		1.80
Unterhalt	14.9	2.00
Unfälle ¹⁾	5.0	0.67
CO ₂	10.4	1.39
Lärm	20.0	2.67
Raum	23.2	3.09
Benzinpreis «morgen»		11.62

Energieverbrauch Automobilität: 75 TWh/a → $7.5 \cdot 10^9$ l/a

¹⁾ 327 Auto-Verkehrstote in 2010 (Schiene: 20)

4'458 Schwerverletzte, ca. 1'000 Schwerstverletzte (5 Mio CHF/Person)

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/06/blank/key/01/aktuel.html>

Verhaltensänderungen

Ein hoher Benzinpreis von rund CHF 10.- pro Liter führt zu Verhaltensänderungen:

1. Verzicht auf unnötige Fahrten.
Einsparungspotential: 10% - 20% → Ø 15%
2. Substitution: Kurzstrecken zu Fuss oder mit (Elektro-)Fahrrad
Einsparungspotential: 10% - 20% → Ø 15%
3. Erhöhung Fahrzeugbelegung von 1.1 Personen / Fahrzeug auf 1.5 Personen / Fahrzeug. Einsparungspotential: 26.7%

Verbleibende Mobilität dank Verhaltensänderung:

$$85\% * 85\% * 73.3\% = 53\%$$

→ Reduktion Automobilverkehr gegenüber heute: 53%! (weniger Staus)

Energieeffizienz Automobil

1. Der Energieverbrauch ist primär proportional zum Gewicht.
2. Ø Automobil: Gewicht 1'400 kg, Wirkungsgrad 17%, Verbrauch 8 l / 100 km. Bei 317 g CO₂/kWh → 2'536 g CO₂/100 km
3. Bei einem Transport von 100 kg über 100km mit 100% Wirkungsgrad wird 1 kWh (= 0.1 l Benzin) verbraucht.
4. Weltrekord in Reichweite: Lino Guzzella (ETHZ) mit 5'384 km/l Benzin (= 538 km/0.1 l)
5. Zum Vergleich: Verbrauch Hummer H3 14.5 l / 100 km → Verschwendung 14.4 l (99%!)
6. Verbrauch Motorrad Kawasaki ER-6n 2009: 5.6 l / 100 km
7. **Bestmögliche mechanische Effizienzverbesserung:**
 - Wirkungsgrad Motor von 17% auf 34% (Lino Guzzella: Hybrid mit Gasdruck)
 - Gewichtsreduktion auf 1'000 kg
 - **2.9 l/100km oder 919 g CO₂/100 km**

Weitere Verbesserung: Serieller Hybrid



Verbrennungsmotor bei
optimalem Arbeitspunkt
 $\eta = 34\% - 50\%$



Batterie
 $\eta = 90\%$
(100% inkl. Rekuperation)



Elektromotor mit
Leistungselektronik
 $\eta = 95\%$

Bestmögliche elektrische Effizienzverbesserung:

- Wirkungsgrad 50% (im optimalen Arbeitspunkt mit konstanter Last)
- Fahrzeuggewicht 1'000 kg

→ 1.9 l/100km oder 602 g CO₂/100 km

→ Verbesserung gegenüber heutigem \emptyset Automobil: Faktor 4.2

Zusätzliche Verbesserungsmöglichkeit: Gewichtsreduktion
Antriebsstrang von 600 kg (mechanisch) auf 300 kg (elektrisch)

Serieller Hybrid: Opel Ampera

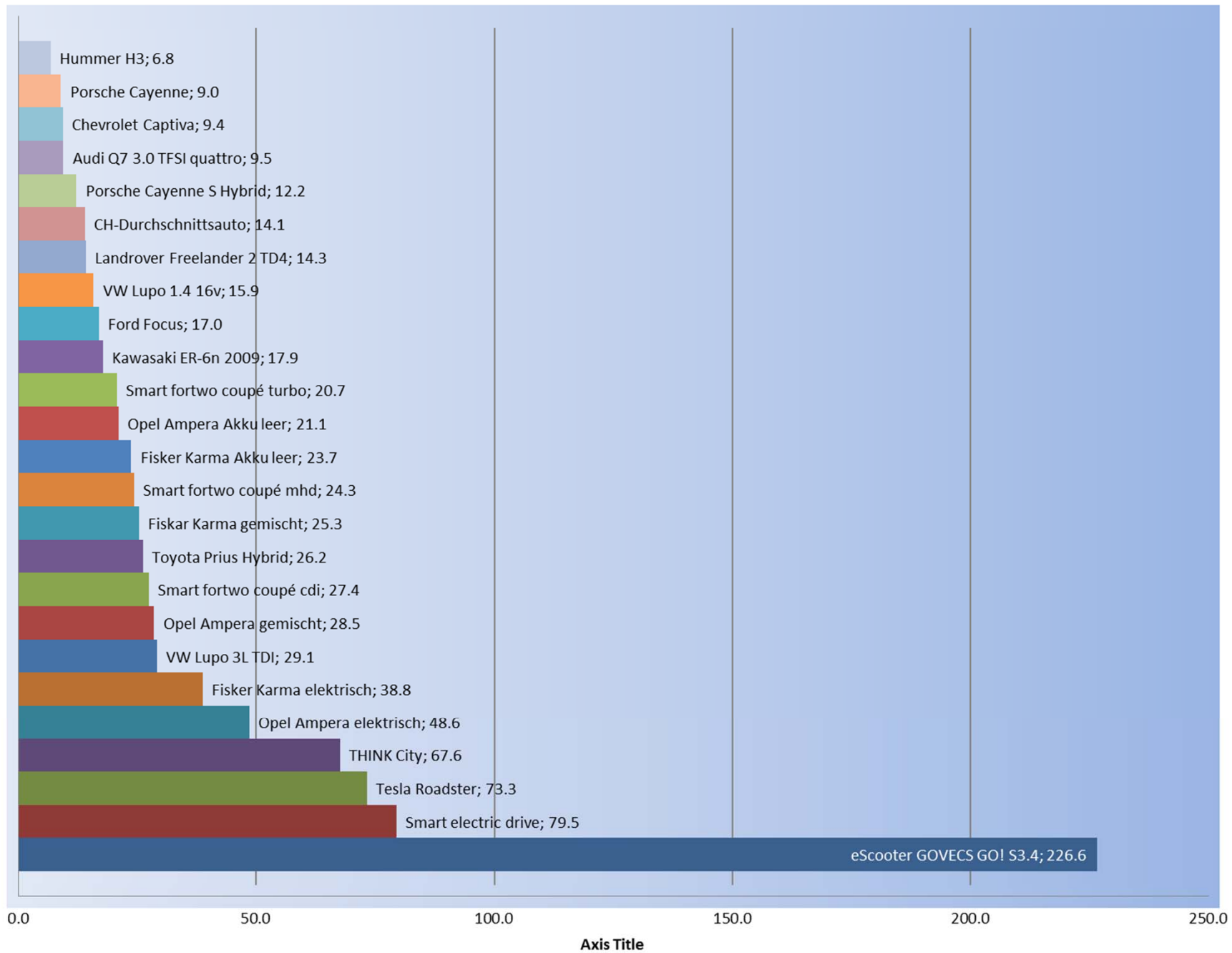


- Batterie: 16 kWh, Nutzung 8 kWh
- Elektromotor: 110 kW (130 PS) , 370 Nm
- Maximale Geschwindigkeit: 160 km/h
- Gewicht: 1'700 kg
- $\eta = 34\%$
- **Benzinverbrauch: 4.8 l /100 km**

Verbesserungen Automobilität

- Reduktion Automobilverkehr durch Verhaltensänderung: 53%
- Verbesserung Wirkungsgrad: Faktor 4.2
- Reduktion Energieverbrauch Mobilität durch beide Massnahmen:
12.6% = ca. Faktor 8
- Reduktion Energieverbrauch und CO₂ Ausstoss:
von 75 TWh und 23.8 Mio. t CO₂ auf 9.45 TWh und 3 Mio. t CO₂

Reichweite von verschiedenen Fahrzeugen mit 1L Benzin



Weitere Verbesserung: Mobilität mit Solarenergie

- Potential elektrische Energie:
70% des Automobilverkehrs (für Kurzstrecken bis 70 km) ab Batterie mit Netzstrom (= 6.6 TWh zusätzlich)
- Potential Fotovoltaik:
50% des benötigten Netzstromes (= 3.3 TWh)
- → Reduktion Treibstoffverbrauch total 65% = Faktor 1.5
- → Reduktion Treibstoffverbrauch durch alle Massnahmen:
Faktor 12
- → Reduktion Treibstoffverbrauch und CO₂ Ausstoss:
von 75 TWh und 23.8 Mio. t CO₂ auf 6.25 TWh und 2 Mio. t CO₂
- Zusätzliches Potential: Stationäre Elektrizitätserzeugung mit Nutzung der Abwärme

Durchschnittliche Automobilitätskosten

	heute	neu mit altem Verhalten	neu Mit neuem Verhalten	alt Autofrei	neu Autofrei
Reisedistanz Auto [km]	11'800	11'800	8'525	0	0
Langsamverkehr [km]	1'000	1'000	2'770	1000	1000
Treibstoffverbrauch [l]	860	860	105	0	0
Treibstoffkosten [CHF]	1544	9993	1'220	0	0
Steuern für Automobilität	1483	0	0	1483	0
Gemeingut [CHF]	0	-750	-750	0	-750
TOTAL Kosten [CHF]	3027	9243	470	1483	-750

Erkenntnisse Mobilität

1. Voraussetzung für die Einsparung von Treibstoff ist die Erhöhung der Mobilitätskosten für den Individualverkehr um den Faktor 5.
2. Der Treibstoffverbrauch kann Faktor 12 reduziert werden.
3. Treibstoffverbrauch und CO₂ Ausstoss können von 75 TWh und 23.8 Mio. t CO₂ auf 6.25 TWh und 2 Mio. t CO₂ reduziert werden.
4. Über das Stromnetz müssen zusätzlich 6.6 TWh (10% mehr als heute) übertragen werden.
5. Mit ausreichend Zeit für die Preismstellung (5-10 Jahre), entfällt jegliche Subventionierung, weil die Fahrzeuge in diesem Zeitraum sowieso ersetzt werden.
6. Die Kosten für den ÖV würden auch um den Faktor 2 ansteigen (wird hier nicht behandelt).

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. **Wärme**
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Heizkosten mit Öl

	Heute (100 \$/B)	Heute + Neue CO ₂ Abgabe	Morgen (250 \$/B)	Morgen + Neuer CO ₂ Abgabe
Energieeinkauf [Rp/ kWh]	5.6	5.6	14.0	14.0
CO ₂ Abgabe [Rp/ kWh]	0.9	13.6	0.9	13.6
Total [Rp/ kWh]	6.5	19.2	14.9	27.6
Pro Liter [Rp/ l]	65.0	192.0	149.0	276.0

Energiesparmassnahmen Heizung

Ein hoher Energiepreis führt zu sparsamerem Umgang:

1. Verhaltensänderung (z.B. Innentemperatur 18 Grad)
→ Einsparpotential: 10%
2. Warmwasser mit Sonnenkollektoren
→ Einsparpotential: 10%
3. Isolation Gebäude
→ Einsparpotential: 40%
4. Bessere Heizungsregelung
→ Einsparpotential: 20%
5. Neubauten nur im Null-Energie-Standard (1.5% /a → 30% in 20 Jahren)
→ Einsparpotential: 30%
6. Resultat: Reduktion der Heizenergie
 $90\% * 90\% * 60\% * 80\% * 70\% = 27\%$ (Einsparung Faktor 4)
7. Gesamte Investitionskosten für diese Massnahmen: ca. 10% des Immobilienwertes (2500 Mia CHF) = 250 Mia CHF
oder ca. 10 Mia CHF/ a über 25 Jahre

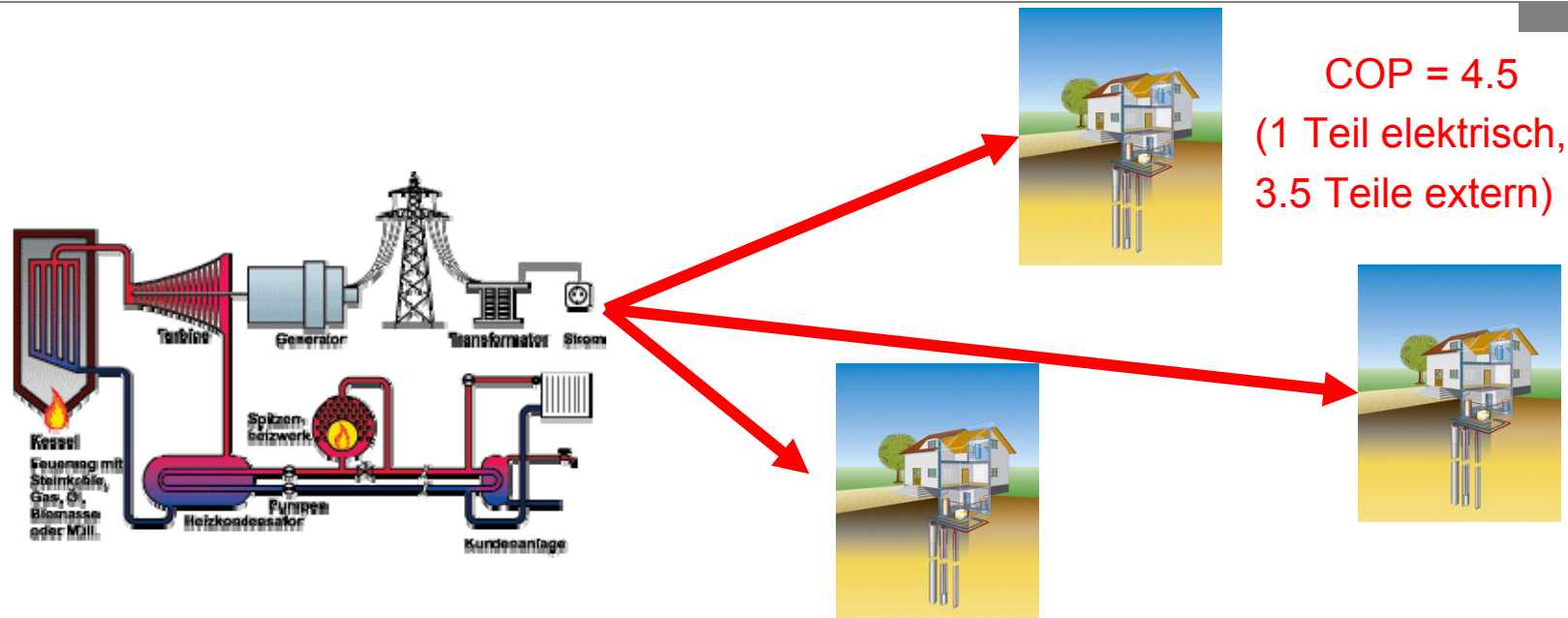
Reales Beispiel Einfamilienhaus



- Baujahr 1974 200 m²
- Ölverbrauch bisher 4'500 l/a
- Renovationskosten für Wärmemassnahmen (Fenster, Fassade, Sonnenenergie für Warmwasser) 100 kCHF
- Steuerersparnis (25%) 25 kCHF
- Restsumme 75 kCHF
- Abzahlung (25 Jahre / 3%) 5.7%/a → 4'275 CHF/a
- Ölverbrauch neu 1'500 l/a → 15'000 kWh/a
- Ölersparnis 3'000 l/a
- Abzahlungskosten pro Liter 143 Rp

- → Mit neuer CO₂ Abgabe lohnt sich eine wärmetechnische Renovation schon heute ohne Subvention!

Wärme-Kraft-Maschine → Wärmepumpe



- Es werden 2000 – 3000 WKM mit einer Leistung von 1 – 10 MW dezentral für grosse Wärmeverbraucher (Schulhäuser, Altersheime, etc.) aufgebaut. Das ergibt eine Gesamtleistung von 10 GW.
- Die grossen Wärmeverbraucher haben das gleiche Klima wie die Wärmekonsumenten → keine Energiespeicherung nötig

Erkenntnisse Wärme

→ Reduktion Heizenergie durch Sparmassnahmen: **Faktor 4**

→ Einsatz Wärmepumpe: **Faktor 4.2**

→ Reduktion Heizenergie durch beide Massnahmen: **Faktor 16.8**

→ Reduktion Heizenergie und CO₂ Ausstoss:

von 69.0 TWh mit 21.4 Mio. t CO₂ Öl und 32.0 TWh mit 7.8 Mio. t CO₂ Gas
auf 4.1 TWh mit 1.3 Mio. t CO₂ Öl und 1.9 TWh mit 0.5 Mio. t CO₂ Gas

Durch Verwendung von Gaskraftwerken mit 60% Wirkungsgrad

→ **10 TWh Gas mit 2.4 Mio. t CO₂**

Nicht berücksichtigt: Holz (heute genutzt 3.2 TWh, Potential 6.4 TWh)

Nicht berücksichtigt: Erdwärme

Wärme: neues Design Prinzip

Das elektrische Netz als Verteilnetz für Wärme einsetzen (Fernwärmenetz).

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. Umsetzung

Zusammenfassung

Primärenergieverbrauch in der CH 2008

	Energie- Verbrauch	Nicht erneuerbar	CO ₂ Ausstoss	Neu Nicht erneuerbar	Neu CO ₂ Ausstoss
Öl Heizung	69 TWh/a	69 TWh/a	21.4 Mio t/a	0 TWh/a	0 t/a
Öl Verkehr	75 TWh/a	75 TWh/a	23.8 Mio t/a	6.25 TWh/a	2.0 Mio t/a
Öl Flugverkehr	6 TWh/a	6 TWh/a	1.7 Mio t/a	6 TWh/a	1.7 Mio t/a
Kernenergie	77 TWh/a	77 TWh/a	3.1 Mio t/a	0 TWh/a	0 Mio t/a
Wasser	44 TWh/a				
Gas	32 TWh/a	32 TWh/a	7.8 Mio t/a	10.0 TWh/a	2.4 Mio t/a
Rest	24 TWh/a				
Total	327 TWh/a	259 TWh/a	57.8 Mio t/a	22.3 TWh/a	6.1 Mio t/a
Total pro Einwohner (7.6 Mio Einwohner)	4.9 kW / Einwohner	3.9 kW / Einwohner	7.6 t/ Einwohner	0.33 kW / Einwohner	0.8 t/ Einwohner

Zusammenfassung Plan B

- Grundlage von Plan B ist die faire Abgeltung verbrauchter Gemeingüter. Damit steigen die Preise:
 - Treibstoff: rund 10 CHF/l (x5)
 - ÖV: Preise verdoppeln sich (x2)
 - Öl (Heizung): auf rund CHF 2/l (x2)
 - Elektrizität: auf rund 0.50 CHF / kWh (x3)
- Die erhöhten Preise führen zu einer Reduktion der Mobilität auf dem freien Markt (Verhaltensänderung: Faktor 2, Technologie: Faktor 6).
Energieeinsparung: Faktor 12
- Die erhöhten Heizkosten führen auf dem freien Markt zu einer Reduktion der Heizenergie (Sparmassnahmen: Faktor 4, Technologie: Faktor 4.2).
Energieeinsparung: Faktor 16
- Es ist möglich, auf AKW's zu verzichten.
- Der Gesamtenergieverbrauch nicht erneuerbarer Energien kann mit Plan B um rund Faktor 12 reduziert werden (auf 1.4 kW/ Einwohner).
- Der CO₂ Ausstoss kann mit Plan B um rund Faktor 9.5 reduziert werden (auf 0.8 t / Einwohner).

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
- 6. Das elektrische Netz**
7. Umsetzung

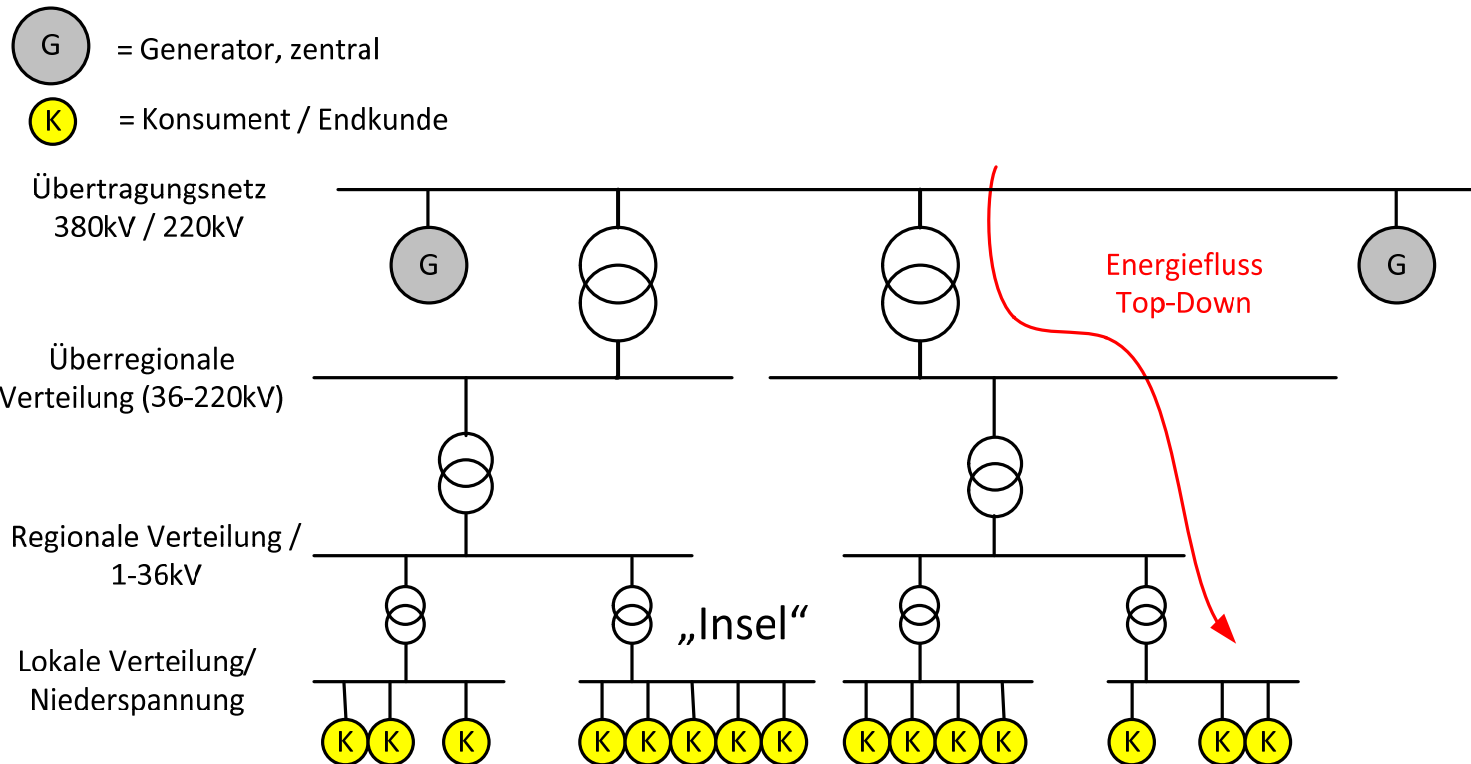
Ausgangslage Stromnetze

- Elektrizität wird zur «Transfer-Energie», denn in Zukunft wird für Mobilität und Wärme elektrische Energie verwendet. Das Haus der Zukunft läuft nur noch mit Strom.
- Durch Plan B steigt der Bedarf an Transportkapazität elektrischer Energie:
 - Bisheriger Bedarf 60 TWh
 - Mobilität (neu) 7 TWh
 - Wärme (neu) 8 TWh
 - Fotovoltaik (neu) 10 TWh
 - Neuer Bedarf 85 TWh
- Durch Plan B erhöht sich somit der Bedarf an Transportkapazität elektrischer Energie um 50%.
- Ist das ohne Netzausbau möglich?

Stromnetze: neue Design Prinzipien

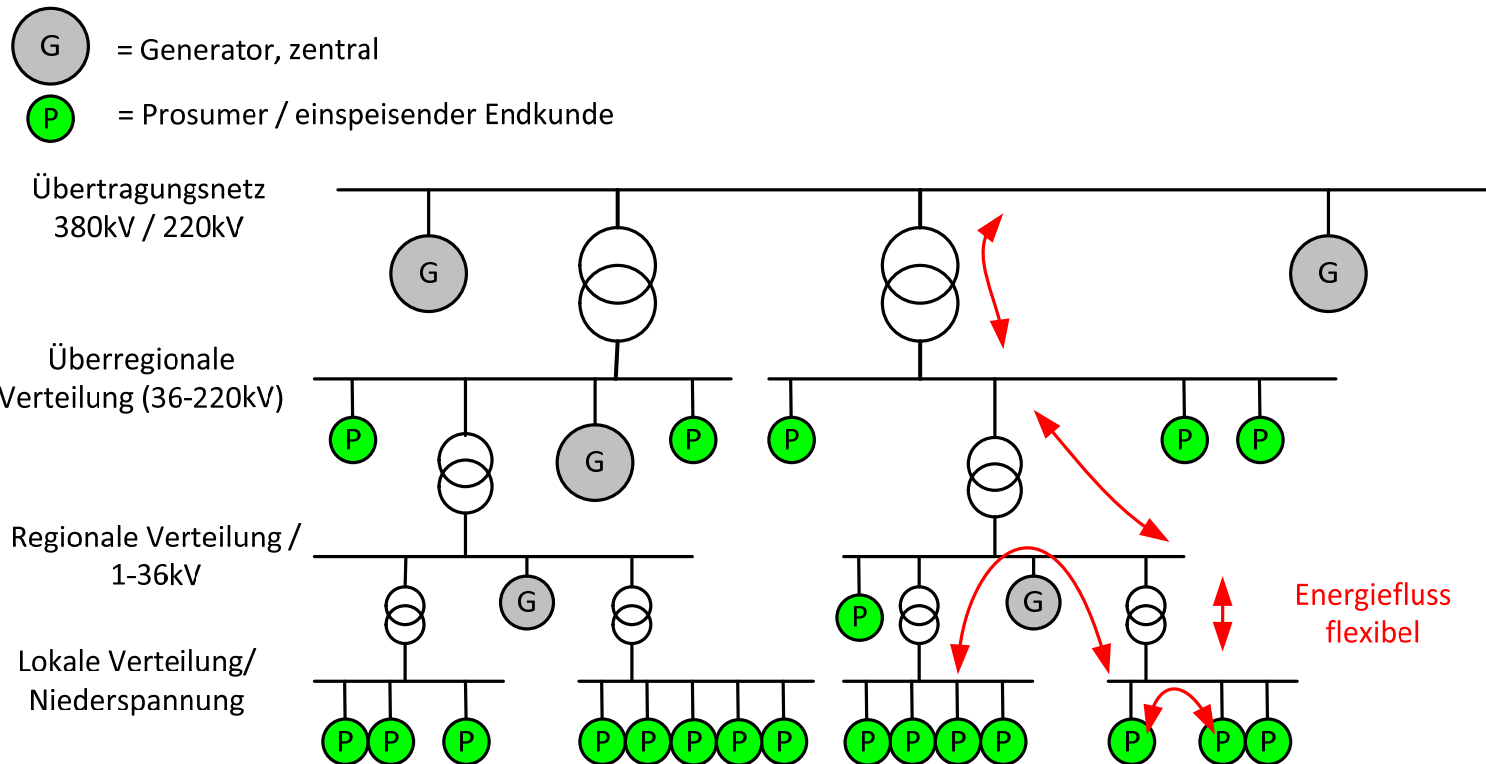
1. Optimale Nutzung der vorhandenen Netzkapazität
(Erfassung und Bestimmung automatisch und zeitnah)
2. Optimale Abstimmung von Produzenten und Konsumenten in Echtzeit
3. Optimale Voraussage des zukünftigen Energieangebotes und -verbrauchs

Stromnetze heute: Netzarchitektur



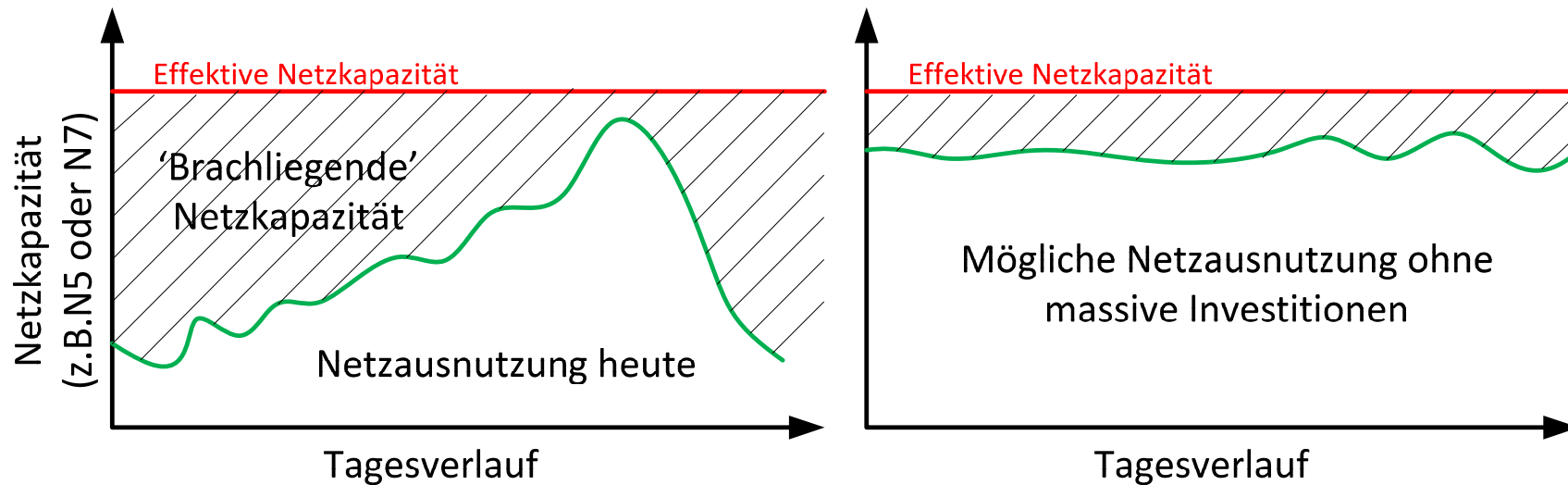
- Wenige Einspeisepunkte auf Hochspannungsebene
- Hierarchische Netzebenen, Stromfluss Top-Down
- Management: Planung («Fahrplan»), autom. Regelung, manuelle Eingriffe

Stromnetze morgen: neue Netzarchitektur



- Einspeisung neu auf jeder Ebene, dezentral
- Energiefluss zeitlich stark schwankend, bidirektional
- Notwendig: Automatisches Netzmanagement, dezentral, auf allen Ebenen

Lösungsansatz Energieübertragung



Investitionen in den Netzausbau können durch ein intelligentes Netzmanagement minimiert werden, durch die optimale Ausnutzung vorhandener Netzkapazitäten.

Elektrisches Netz: Erkenntnisse

- Die Anforderungen von Plan B an das elektrische Netz sind voraussichtlich erfüllbar.
- Das Netz muss dafür nur sehr moderat ausgebaut werden.
- Voraussetzung ist ein intelligentes Netzmanagement (SmartGrid).

Plan B: Inhaltsübersicht

1. Einleitung
2. Elektrizität
3. Mobilität
4. Wärme
5. Zusammenfassung Plan B
6. Das elektrische Netz
7. **Umsetzung**

Vergleich

Plan A

- Regeln wie bis anhin
- Es werden jährlich **10 – 20 Mia CHF** für nichterneuerbare Energieträger ins Ausland **bezahlt**.
- Es wird wenig investiert im Inland.
- Kein Technologievorsprung
- Die weitere globale Entwicklung wird uns zu höheren Energiepreisen zwingen.
- **Ungerecht**

Plan B

- Gemeingutabgeltung
- Es werden jährlich **1 – 2 Mia CHF** für nichterneuerbare Energieträger ins Ausland bezahlt.
- Es werden 10 – 20 Mia CHF/a im Inland **investiert**.
- Technologischer Vorsprung gegenüber dem Rest der Welt
- Nimmt Preisentwicklung vorweg
- **Gerechter**

Plan B: Umsetzung und Konsequenzen

- Die Umsetzung von Plan B kann in 15 bis 20 Jahren erfolgen.
- Voraussetzung: neuer Preismechanismus mit Gemeingutabgeltung
- Die Systemveränderungen müssen weit zum Voraus angekündigt werden, um sie beim nächsten Autokauf, beim Hausausbau oder Hausneubau berücksichtigen zu können.
- Die Gemeingutabgeltung ist für die Wirtschaft ein Nullsummenspiel.
- Konsequenzen für den Einzelnen:
 - Überdurchschnittlicher Energieverbraucher: bezahlt
 - Durchschnittlicher Energieverbraucher: Nullsummenspiel
 - Unterdurchschnittlicher Energieverbraucher: profitiert
- Der Staat muss keine Subventionen entrichten, wodurch die Staatsquote sinkt.

**EVERYBODY WANTS
TO CHANGE THE WORLD
BUT NOBODY WANTS
TO CHANGE**
WORDBOMER.COM