

Plan B oder Faktor 10 in der Mobilität

Prof. Dr. Anton Gunzinger
Supercomputing Systems AG
Technoparkstrasse 1
CH-8005 Zürich
Tel. 043 456 16 00
Fax 043 456 16 10

info@scs.ch

www.scs.ch

Vision trifft Realität.

Supercomputing Systems AG
Technopark 1
8005 Zürich

Phone +41 43 456 16 00
Fax +41 43 456 16 10
www.scs.ch

SCS
super computing systems

Ausgangslage

- Die Schweiz – ein materielles Paradies.
- Mein Wunsch: Unsere Nachfahren können auch so leben.
- 2 Probleme:
- Unser Ökologischer Fussabdruck



- «Peak Oil»

SCS
super computing systems

Lösungsansätze

- Plan A: Weiter wie bisher: Kleine auserwählte Elite kann so leben wie wir, der Rest der Welt muss in Armut leben.
- Reduktion der Weltbevölkerung um den Faktor 4.
- Plan B: Reduktion unseres Fussabdruckes auf eine halbe Erde.
- Nichterneuerbare Energien → 65% des ökologischen Fussabdruckes.



Weshalb sollen wir unseren Fussabdruck reduzieren?

- Volkswirtschaftlich sinnvoll:
Statt jährlich 13 – 15 Mia CHF für importierte nichterneuerbare Energie auszugeben (in 20 Jahren 260 – 300 Mia CHF) investieren wir landesintern.
- Ökonomisch sinnvoll:
Wir schaffen gute Arbeitsplätze landesintern.
- Ökologisch sinnvoll:
Wir reduzieren unseren CO₂ Ausstoss.
Unseren Nachfahren stehen immer noch wertvolle nichterneuerbare Ressourcen zur Verfügung.
- Politisch sinnvoll:
Wir sind nicht erpressbar durch teilweise dubiose Staaten wie Saudi Arabien, Russland und USA.

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

Keine Kostenabwälzung auf nächste Generationen

Höhere Energieautonomie der Schweiz

Gleichbleibender Lebensstandard

Ökologisch sinnvoll, ökonomisch profitabel

Nur «ready to use» Technologien

Energiepolitische Vorreiterrolle der Schweiz

In 20 Jahren umsetzbar

Macht Spass

Design Prinzipien

1. Die sauberste, umweltfreundlichste, günstigste Energie ist die Energie, die nicht verbraucht bzw. umgewandelt wird.
2. Nicht erneuerbare Energien sollen möglichst zu 100 % genutzt werden können.
3. Von der Finanzeffizienz (Grundprinzip der Moderne) zur Ressourceneffizienz (Grundprinzip einer nachhaltigen Gesellschaft).

Herausforderungen

- Wir verbrauchen heute 80% nichterneuerbare Energie (260 TWh/a) .
- Wärme (59 TWh/a Öl und 35 TWh/a Gas)
→ Wir sind auf dem guten Weg
(Isolation Faktor 4-5, Wärmepumpe Faktor 4-5, Erneuerungsrate 1%/a)
- Kernenergie (77 TWh/a Primärenergie → 24 TWh/a Strom)
→ wir werden aus ökonomischen Gründen aussteigen
- Individuelle Mobilität (71 TWh/a)
→ da passiert genau nichts
- Flugverkehr (18 TWh/a)
Wir hier nicht betrachtet

Faktor 10 in der Mobilität: Reduktion der Energie für Mobilität

- Kann der Energieverbrauch für Mobilität um den Faktor 10 reduziert werden?
- Welche Bedeutung hat dabei Kostenwahrheit?
- Welche Bedeutung haben Gemeingüter/ Allmenden?

Faktor 10 in der Mobilität: Reduktion der Energie für Mobilität

- Kann der Energieverbrauch für Mobilität um den Faktor 10 reduziert werden?
- Welche Bedeutung hat dabei Kostenwahrheit?
- Welche Bedeutung haben Gemeingüter/ Allmenden?

Die Energiefrage Der Wirkungsgrad ist entscheidend

Wirkungsgrad: Verhältnis von Nutzenergie/ eingesetzten Energie

Wirkungsgrad Verbrennungsmotor theoretisch: 34% (Benzin) bzw. 40% (Diesel)

Wirkungsgrad Verbrennungsmotor real: 12 – 15 (Übermotorisierung, Stop-and-Go)

Neu
serieller
Hybrid



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



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



Elektromotor mit
Leistungselektronik
 $\eta = 95\%$

Rekuperation → elektrische Verluste können zum grossen Teil kompensiert werden.

→ Rein elektrisch nahezu 100% Wirkungsgrad

→ Mit Verbrennungsmotor als Generator: Wirkungsgrad fast 50% (optimaler Arbeitspunkt)

→ «Off-Roader» Wirkungsgrad (inkl. Fahrzeug): 0.5% !!!

Reales Beispiel: 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 als reines Benzinauto: 15l / 100 km)
- Benzinverbrauch als Hybrid: 4.8 l/100 km
- Rein elektrisch: 1.6 l/100 km

11

Zürich 05.03.14 © by Supercomputing Systems AG

SCS
super computing systems

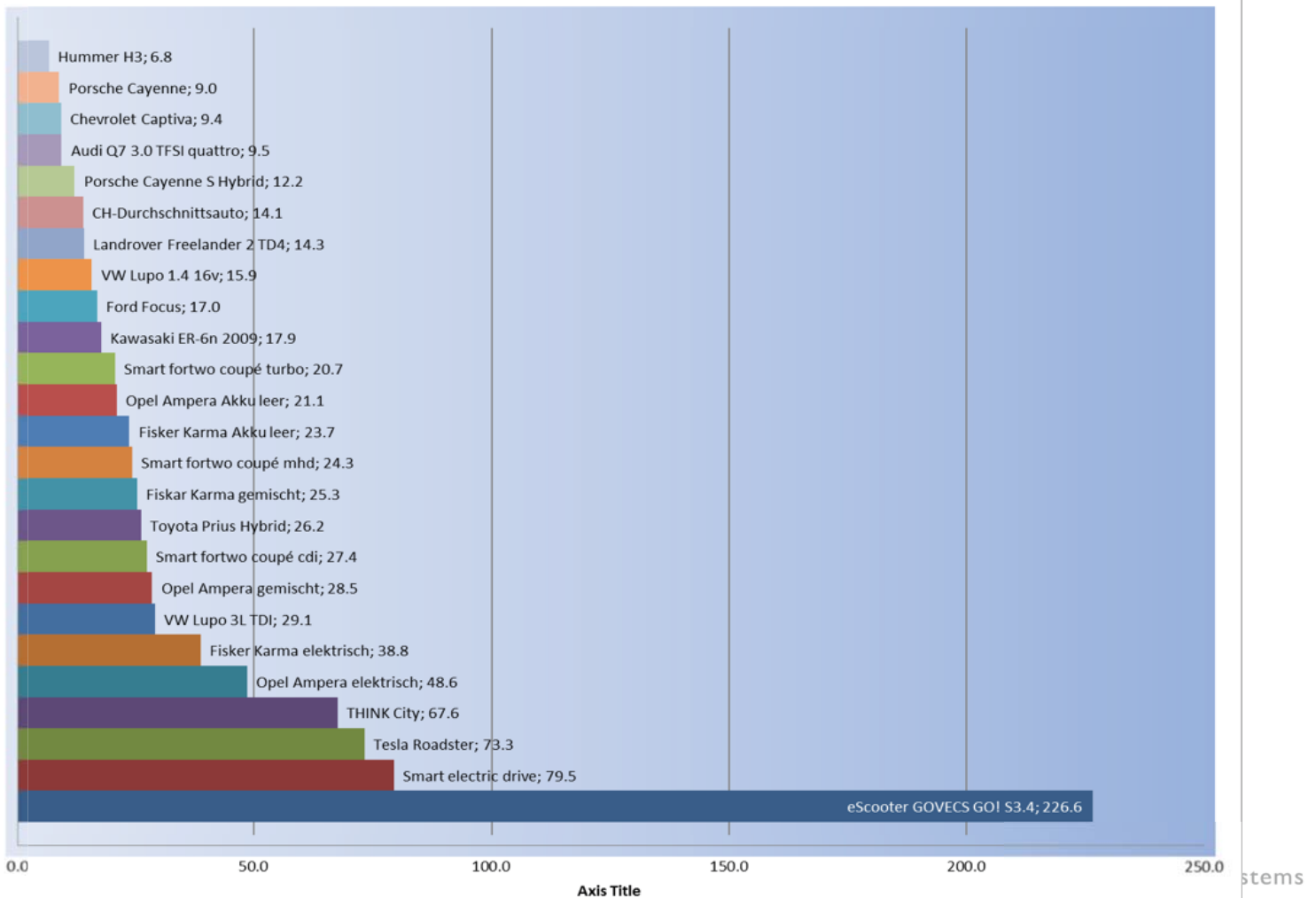
Vergleich: Stromauto - Auto mit Verbrennungsmotor



		Tesla	Porsche
Typ		Roadster Sport	911 Carrera S
Leistung	[PS] [kW]	300 225	350 260
0 auf 100 km/h	[s]	3.7	4.8
Gewicht	[t]	1.4	1.1
Verbrauch	[kWh/100 km] [l/100km]	14 1.6	110 12
Jahreskosten Energie für 16'000 km	[CHF]	448	1584
Reichweite Ladung/ Tank	[km]	380	760
Ladezeit		24h (2kW) 3h (16kW)	5 Min

12

Reichweite von verschiedenen Fahrzeugen mit 1L Benzin



Verhaltensänderungen (Suffizienz)

1960: Gewicht eines \emptyset Automobil 700 kg, 2.4 Personen/ Fahrzeug
 heute: Gewicht eines \emptyset Automobil 1400 kg, 1.3 Personen/ Fahrzeug
 → verschieben 4 mal mehr Masse für gleiche Mobilität

Ein hoher Benzinpreis führt zu Änderungen im Mobilitätsverhalten:

1. Verzicht auf unnötige Fahrten
Einsparungspotential: 10% - 20% → \emptyset 15%
2. Substitution: Kurzstrecken zu Fuss oder mit (Elektro-)Fahrrad (rund 35% der Fahrten < 1km, rund 35% der Fahrten < 5km) Einsparungspotential: 10% - 30% → \emptyset 25%
3. Erhöhung Fahrzeugbelegung von 1.3 Personen/Fahrzeug auf 1.5 Personen/Fahrzeug. Einsparungspotential: 13%

Verbleibende Mobilität dank Verhaltensänderung:

$$85\% \cdot 75\% \cdot 87\% = 55\%$$

→ Reduktion Automobilverkehr gegenüber heute auf: 55% oder Faktor 2 (weniger Staus)

Energieeffizienz in der Mobilität

Reduktion Automobilverkehr durch Verhaltensänderung: Faktor 2

Verbesserung Wirkungsgrad: Faktor 4

→ Reduktion Treibstoffverbrauch von 71 TWh/a auf 9 TWh/a

Potential elektrische Energie:

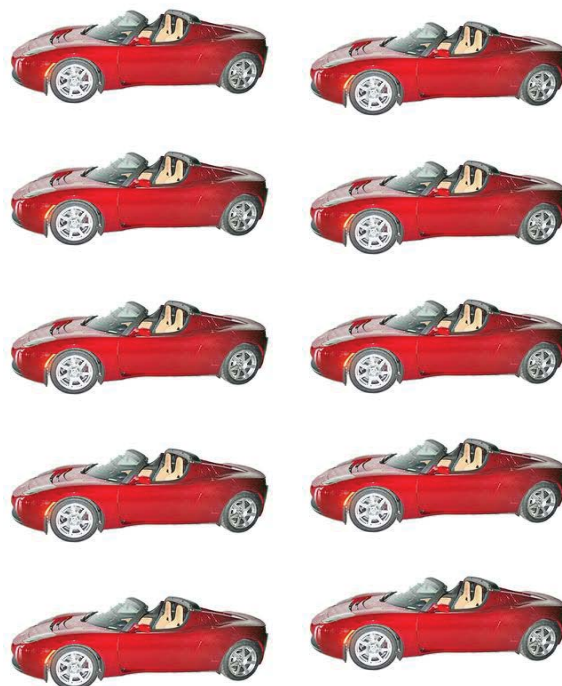
2/3 des Automobilverkehrs (für Kurzstrecken bis 70 km) ab Batterie mit Netzstrom möglich

→ 3 TWh Benzin oder Diesel (Verbesserung Faktor 22)

→ 3 TWh zusätzliche elektrische Energie, da Wirkungsgrad elektrisch Faktor 2 besser.

Elektrische Energie kann durch 3 GW PV erzeugt werden.

Energieeffizienz in der Mobilität



- 133 m², 21 kWp
- 1100h Sonne/ Jahr
- 23'100 kWh/ a
- Wie viele Elektromobile können damit versorgt werden?

Faktor 10 in der Mobilität: Reduktion der Energie für Mobilität

- Kann die Energieverbrauch für Mobilität um den Faktor 10 reduziert werden?
- Welche Bedeutung hat dabei Kostenwahrheit?
- Welche Bedeutung haben Gemeingüter/ Allmenden?

Kostenberechnung individuelle Mobilität

Investitionsmodell mit Neuwert, Abschreibung (50 Jahre), Zins (1%)
und Unterhalt (1%)

	Länge [km]	Neuwert [Mio CHF/ km]	Neuwert [Mio CHF]	Unterhalt & Kapitalkosten 3.6% [Mio CHF]	Strassen- rechnung [Mio CHF]
Nationalstrassen	2'000	40	80'000	2'900	2'567
Kantonsstrassen	35'000	10	350'000	12'600	2'758
Gemeindestrassen	45'000	2.5	112'000	4'000	2'980
Total			542'000	19'500	8'305

Die Kosten laut offizieller Strassenrechnung sind vermutlich viel zu tief.

Steuergeschenke der individuellen Mobilität

- Unfallkosten (BFS) 2000 Mio CHF/a
- Unfallkosten (Gunzinger) 5000 Mio CHF/a
- Polizei (10'000 @ 0.2 Mio CHF/a) 2000 Mio CHF/a
- Öffentliche Parkplätze 2 Mio, 2'000 CHF 1500 Mio CHF/a
- MWst. (8% von 5000 Mio CHF) 400 Mio CHF/a
- Steuerabzüge Autopendler 3600 Mio CHF/a
 - Rund 1.5 Mio Autopendler mit 16'000 km/a
 - Steuerabzug: 12'000 CHF/a (CHF 0.75 / km)
→ Steuerreduktion von 2'400 CHF/a (bei 20% Grenzsteuersatz)
- Steuerabzüge Firmenparkplätze 600 Mio CHF/a
 - Rund 1.5 Mio Autopendler, 2'000/ Parkplatz, 20% Grenzsteuern
- Total 13'100 Mio CHF/a



super computing systems

Kostenberechnung individuelle Mobilität

Ausgaben	BFS 2010	BFS 2010 ohne MFSt	Gunzinger 2010
Bruttoausgaben Nationalstrassen	2567	2567	2900
Bruttoausgaben Kantonsstrassen	2758	2758	12600
Bruttoausgaben Gemeindestrassen	2980	2980	4000
Unfallkosten		2000	5000
Polizei		0	2000
Gemeingut CO2			
Gemeingut Lärm			
Gemeingut Raum			
Total Ausgaben	8305	10305	26500
Motorfahrzeugsteuern	2177	0	
Anteil LSVA	369	0	
Autobahnvignette	315	315	315
Zollertrag Motorfahrzeugimport	314	0	
MWst	129	0	
Mineralölsteuern	5001	9990	26185
Mineralölsteuern pro Liter	0.71	1.43	3.74
Importkosten (120\$/Berrel)	0.99	0.99	0.99
Benzinpreis	1.70	2.41	4.73
Rückerstattung pro Einwohner			

- Heute subventionieren Steuerzahlende die individuelle Mobilität mit rund 18.2 Mia CHF/a.
- Kostenwahrheit für individuelle Mobilität:
→ 30% Steuerreduktion
- Zusätzliche Einnahmen Bund durch MWst: 2 Mia CHF/a



super computing systems

Faktor 10 in der Mobilität: Reduktion der Energie für Mobilität

- Kann die Energieverbrauch für Mobilität um den Faktor 10 reduziert werden?
- Welche Bedeutung hat dabei Kostenwahrheit?
- Welche Bedeutung haben Gemeingüter/ Allmenden?

Gemeingüter/ Allmenden (Commons)

Güter, die der Gemeinschaft gehören:

- Allmende: *al(ge)meinde* = ein im Besitz einer (Dorf-)Gemeinschaft befindliches Grundeigentum (Wikipedia)
- Planet Erde
- Luft
- Wasser
- Boden – öffentlicher Raum
- Nicht erneuerbare Energien: z.B. Öl, Gas, Uran
- Nicht innerhalb von 25 Jahren erneuerbare Bodenschätze: z.B. Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Diamanten, seltene Erden, Urwald
- Sicherheit: z.B. im Verkehr, in der Umwelt (z.B. Lagerung radioaktiver Abfälle), im Zusammenleben (z.B. sozialer Frieden)
- Ruhe
- Wissen
- ...

Gemeingüter/ Allmenden

Nobelpreis 2009: Ellinor Ostrom

«Laissez-Faire» → Tragik der Allmende (Garret Hardin 1968 in „Science“)

Markt

- Komplexe Abgrenzung, Gemeingüter lassen sich oft nicht abgrenzen
- Hohe Ertragsschwankungen
- Kurzfristig
- + Bekanntes Konzept

Sozialistischer Ansatz

- Hoher Kontrollaufwand / hohe Kosten
- Vollständige Kontrolle oft nicht möglich → Unfair
- Korruption
- + Einfaches Konzept

Genossenschaftlicher Ansatz

- Komplexe Aushandlung der Regeln
- + Fair
- + Höchster Ertrag
- + Langfristig, nachhaltig

Allmende: frühes Übungsfeld für Demokratie, oft sehr erfolgreich (vor französischer Revolution) → (Eid-) Genossen

Gemeingüter/ Allmenden

Beispiel Bürgerwald: Die Bürger einer Gemeinde beziehen Holz aus dem Bürgerwald und bezahlen eine der Menge entsprechende Nutzungsgebühr als Gemeingutabgeltung. Diese Einnahmen werden wieder an alle Bürger gleichmässig verteilt.

Weitgehend ungelöste Allmende-Beispiele («Tragik der Allmende»):

- Luft (CO₂)
- Meer
- Wald (Mittel- und Südamerika)

Bereits bestehende, gut funktionierende Ansätze im Umgang mit Allmenden

- CO₂ – Abgabe auf Heizöl (CH)
- Ozon (weltweit)
- (Ab-) Wasser (CH)
- Wald (Europa)

Gemeingut Mobilitätsfläche

Mobilität benötigt Raum, je nach Verkehrsmittel unterschiedlich viel:

U-Bahn	< 1 m ²
Fussgänger	1 m ²
Velo	10 m ²
ÖV (Stadt)	15 m ²
ÖV (CH)	25 m ²
Auto 30 km/h	67 m ²
Auto 50 km/h	111 m ²
Auto 120 km/h	267 m ² (Quelle: Prof. Brändli, ETHZ)

Berechnung Allgemein: Reaktionszeit 2s, Breite mal zurückgelegte Distanz

Ressourcenverbrauch Raum ist besonders wichtig in der stark besiedelten Schweiz.

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.



super computing systems

Mobilitätsfläche Strasse

	Länge [km]	Breite [m]	Fläche [km ²]
Nationalstrassen	2'000	25	50
Kantonsstrassen	35'000	12	420
Gemeindestrassen	45'000	6	270
Total			740

Fläche für Parkplätze:

4 Mio Fahrzeuge à 20 m² x 2 → 160 km²

Gesamtfläche: 900 km², unnutzbare Zusatzfläche: 300 km², Total: → 1'200 km²

- Die gesamte Gebäudefläche der Schweiz beträgt 400 km². Die Mobilitätsfläche ist rund 3 mal grösser!!!
- Jedes zusätzliche Auto benötigt rund 300m² zusätzlichen Boden!!



super computing systems

Mobilitätsverteilung

	CH	CH		CH	Zürich		Zürich
	Distanz	Verkehrs- Anteil	Flächen- bedarf	Ver.-Fläche	Verkehrs- Anteil	Flächen- bedarf	Anteil Fläche
	MPkm	%	m2	%	%	m2	%
Auto	89'930	74.1%	111	94.0%	25%	111	76.0%
Bahn	18'585	15.3%	25	4.4%	25%	15	10.3%
ÖV Strasse	5'359	4.4%	25	1.3%	25%	15	10.3%
Langsamverkehr	7'486	6.2%	5	0.4%	25%	5	3.4%
Total	121'360	100.0%		100.0%	100.0%		100.0%

- Die Automobilität ist der grösste Landverbraucher in der Schweiz
- Der Individualverkehr verbraucht 94% der gesamten Mobilitätsfläche.
- In dicht besiedelten Gebieten (Zürich), transportiert das Auto nur 25% der Personen und beansprucht dabei 76% der Mobilitätsfläche (ungerecht)
- Grosser Druck von den Bewohnern von dicht besiedelten Gebieten, zu tieferen Geschwindigkeiten und Verkehrsmitteln mit geringerem Flächenbedarf oder höhere Nutzungspreise
- Die Strassen sind nur etwa zu 2.7% ausgenutzt
- Leider wollen alle zur gleichen Zeit an denselben Ort...

Gemeingut Mobilitätsfläche Zum Beispiel Zürich

- Stadtflä
- Öffentli
- Strasse
- Strasse
- Parkpla
- Erholun
- Einnah
- Anzahl
- Einnah
- Gesche
- Gesche



Gemeingut Mobilitätsfläche

- Ein grosser Teil des öffentlichen Raums, der heute für Mobilität genutzt wird, war bereits vor der Einführung des Automobils öffentlich.
- Dieser Raum sollte entschädigt werden (Miete).
- Öffentlicher Raum für Mobilität rund 1'200 km²
- CHF 500 / m²
- → 600 Mia CHF
- Verzinsung: 3% / a
- → 18 Mia CHF/a

- Raum ÖV & Langsamverkehr: 8 x kleinere Fläche; 4 x geringer
→ 0.6 Mia CHF/a

Gemeingut Ruhe

- Automobilität verursacht Lärm
- Wie viel kostet der Lärm?
- Annahme: Durch den Lärm der Automobilität verlieren alle Liegenschaften der Schweiz ca. 10% ihres Wertes
- Wert aller Liegenschaften in der Schweiz: ca. 2500 Mia CHF
- 10% Wertverlust: ca. 250 Mia CHF
- Abgeltung mit 3%/a
- **Jährliche Lärmabgaben: 7.5 Mia CHF/a**

Gemeingut saubere Luft

- Der Schaden durch CO₂ ist > 5% des BIP
- Das BIP der Schweiz liegt bei 540 Mia CHF
- CO₂ Schaden in der Schweiz: 27 Mia CHF/a
- CO₂ Ausstoss der Schweiz pro Jahr: 54 Mt
- CO₂ Abgabe: CHF 500 / t
- CO₂ Ausstoss Automobilität pro Jahr: 21.7 Mt
- **CO₂ Abgabe Automobilität: 10.9 Mia CHF /a**
- Heute: CHF 36 / t CO₂, aber nur auf Heizung

Kostenberechnung individuelle Mobilität inklusive Gemeingüter

Ausgaben	BFS	BFS	Gunzinger	Gunzinger
	2010	2010 ohne MFSt	2010	2010 inkl. GG
Bruttoausgaben Nationalstrassen	2567	2567	2900	2900
Bruttoausgaben Kantonsstrassen	2758	2758	12600	12600
Bruttoausgaben Gemeindestrassen	2980	2980	4000	4000
Unfallkosten		2000	5000	5000
Polizei		0	2000	2000
Gemeingut CO2				10900
Gemeingut Lärm				7500
Gemeingut Raum				18000
Total Ausgaben	8305	10305	26500	62900
Motorfahrzeugsteuern	2177	0		
Anteil LSVA	369	0		
Autobahnvignette	315	315	315	315
Zollertrag Motorfahrzeugimport	314	0		
MWst	129	0		
Mineralölsteuern	5001	9990	26185	62585
Mineralölsteuern pro Liter	0.71	1.43	3.74	8.94
Importkosten (120\$/Berrel)	0.99	0.99	0.99	0.99
Benzinpreis	1.70	2.41	4.73	9.93
Rückerstattung pro Einwohner				4789

- Benzinpreis von CHF 10 /l ist vernünftig.
- Faire Abgeltung von Gemeingütern → bedingtes Grundeinkommen von rund CHF 4800.
- Verschwender bezahlen, Umweltbewusste profitieren.

Zusammenfassung

- Reduktion des Verbrauchs in der Mobilität von nichterneuerbarer Energie um den Faktor 10 ist machbar.
- Voraussetzung: Kostenwahrheit und faire Abgeltung von Gemeingütern.
- Kostenwahrheit für individuelle Mobilität: → 30% Steuerreduktion
- Die Menschen erhalten ein bedingtes Grundeinkommen:
 - Überdurchschnittlicher Energieverbraucher: bezahlt
 - Durchschnittlicher Energieverbraucher: Nullsummenspiel
 - Unterdurchschnittlicher Energieverbraucher: profitiert
- Vorankündigung der Systemänderungen (5 – 10 Jahre): es entstehen keine Mehrkosten für Konsumenten und Konsumentinnen

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit.