

Herzlich Willkommen!



Building Competence. Crossing Borders.

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

Winterthur, 24. Mai 2019

Prof. Dr. Anton Gunzinger

Unternehmer

Supercomputing Systems AG

Technoparkstrasse 1

8005 Zürich

043 – 456 16 00

gunzinger@scs.ch



Für die nächste Generation
Für die Schweiz
Persönliche Meinung als Unternehmer

Design Grundsätze

- Zeithorizont: > 1 Generation (> 25 Jahre)



- Technisch machbar
- Vergleichbarer Wohlstand
- Geringe volkswirtschaftliche Kosten
- ~~• Politisch machbar~~
- ~~• Geringe betriebswirtschaftliche Kosten~~

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

- 1. Wie heizen wir in Zukunft?**
- 2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?**
- 3. Wie viel Strom werden wir benötigen?**
- 4. Wie wird der Strom produziert?**
- 5. Was kostet das Ganze?**
- 6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?**

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

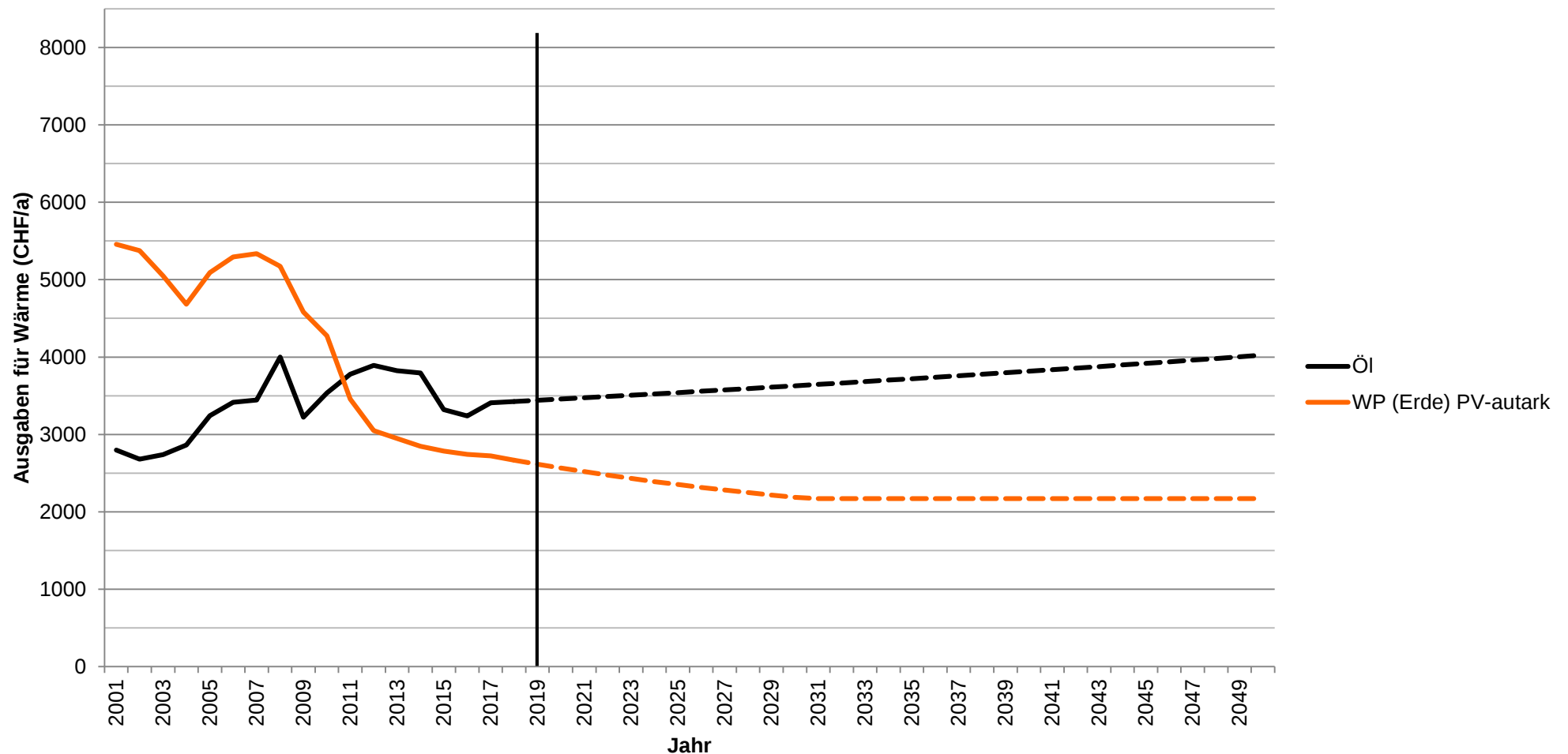
1. **Wie heizen wir in Zukunft?**
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
4. Wie wird der Strom produziert?
5. Was kostet das Ganze?
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

Wärme

- Verbesserung der Wärmedämmung von 22 l (1970) auf 3.6 l Öl pro m² & Jahr (2010) (Faktor 6)
- Reduktion Energiebedarf dank Wärmepumpe um Faktor 3 – 6
- **Schweiz macht gute Arbeit**
- Verbleibende renovationsbedürftige Häuser: 75%
 - Renovationsrate heute: 1.1%/a → 70 Jahre
 - Renovationsrate Bund: 2%/a → 33 Jahre
 - Renovationsrate Gunzinger: 4%/a → 19 Jahre

Heizkosten (Vollkosten) für ein typisches Schweizer Einfamilienhaus

Kostenvergleich Heizsysteme - Renovation



Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

1. Wie heizen wir in Zukunft?
- 2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?**
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
4. Wie wird der Strom produziert?
5. Was kostet das Ganze?
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

Faire Vollkostenrechnung

- **Stromnetz:**
Neuwert: ~ 60 Mia CHF
Jährliche Kosten: ~ 4.5 Mia CHF
- **Strassennetz: (> 80'000 km, dichtestes Strassennetz weltweit)**
Neuwert: ~ 600 Mia CHF
Jährliche Kosten: ~ 45 Mia CHF
- **Offizielle Strassenrechnung: 8.7 Mia CHF pro Jahr**
- **Faire Kosten: Automobilität müsste 4 – 5 mal teurer sein**
- **Lieber hohe Steuern als fairer Benzinpreis.**
- **Flächenverbrauch aller Häuser: 400 km²**
- **Flächenverbrauch Auto: 900 km² Strasse nur zu 2.9% genutzt**

Mobilität: Verhaltensänderung in der Vergangenheit



- 1960:
700 kg
2.4 Personen

**Heute bewegen wir
4 mal mehr Masse →
~ 4 mal höherer Energieverbrauch**



- 2015:
1.4 t
1.3 Personen

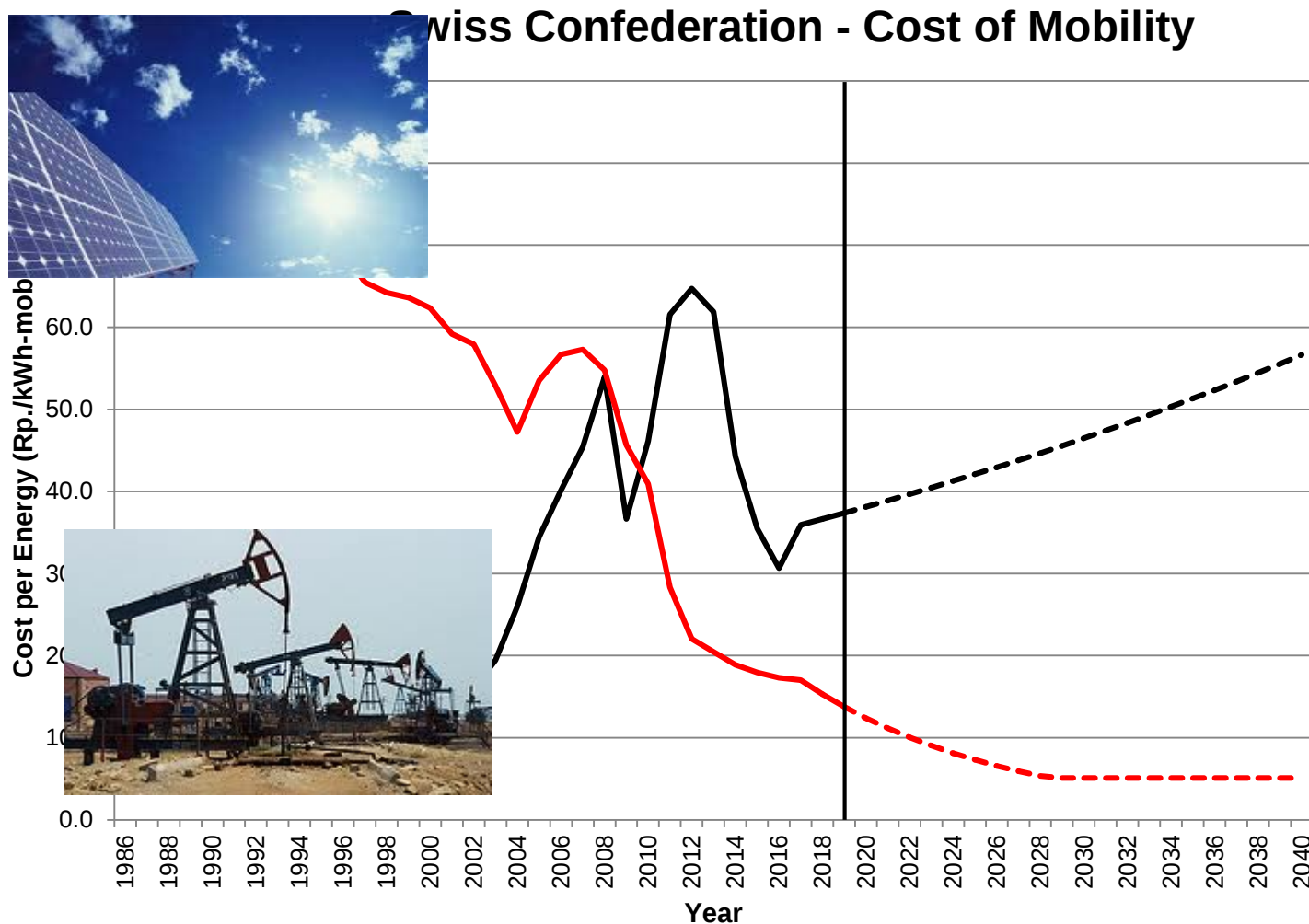
Mobilität: Verhaltensänderung Suffizienz

- Strecken < 1 km: zu Fuss
(~ 50% aller Fahrten, 10% Strecke)
- Strecken < 5 km: (E-) Bike
(~ 85% aller Fahrten, 46.3% Strecke)
- Rest: Mehrere Menschen im
(leichten) Elektrofahrzeug



Totale Einsparung Energie Faktor 2

Energie Kosten: Öl versus Elektrisch/Solar



CO₂ Emissionen [g/km]

Broschüre: 148

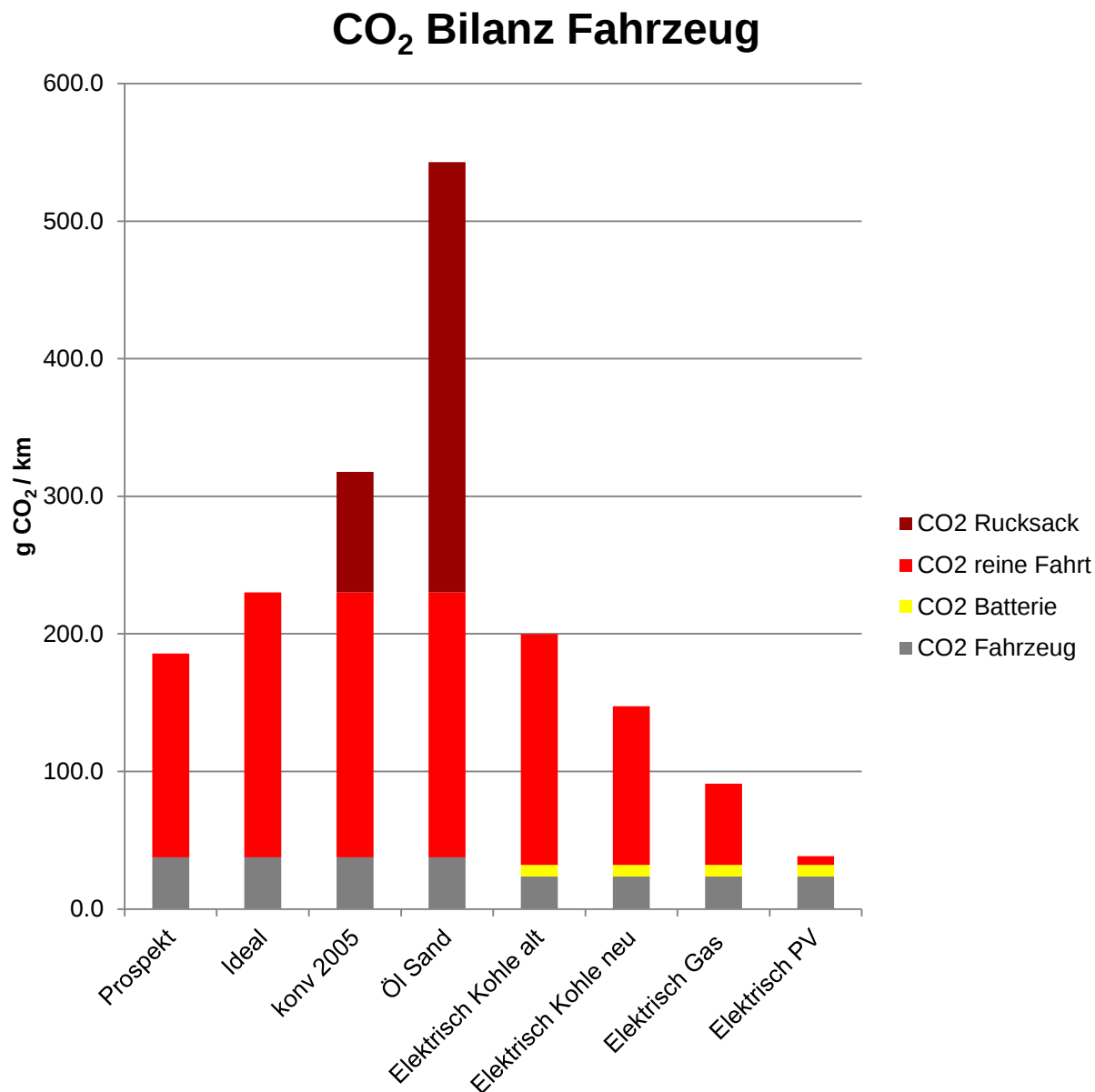
Realität: 280

Fracking: 309

CO₂ Emissionen [g/km]

Realität: 6

CO₂ Emissionen eines Durchschnittsautos (1400 kg)



**Elektrisch fahren
produziert 8 Mal weniger
CO₂.**

Fahren mit Strom ist hocheffizient



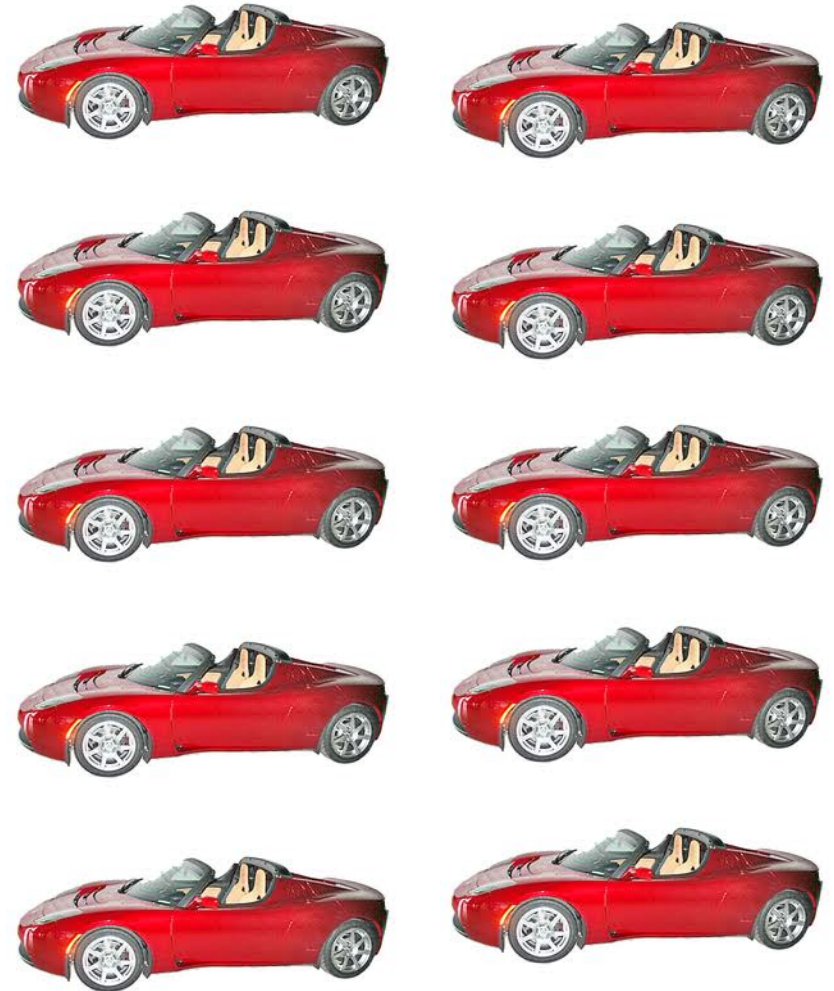
		Tesla	Porsche
Typ		Roadster Sport	911 Carrera S
Leistung	[PS]	300	350
	[kW]	225	260
0 auf 100 km/h	[s]	3.7	4.8
Verbrauch	[kWh/100 km]	14	110
	[l/100km]	1.6	12

**Elektrisch Fahren benötigt
6 – 8 mal weniger Energie.**

Wo kommt der Strom für die Elektromobilität her?



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



Die Batterie, die grosse Herausforderung

- 2012: TESLA Roadster 1000 CHF/kWh
- 2014: TESLA Modell S 500 CHF/kWh
- 2017: Renault Zoe 200 CHF/kWh
- 2019: 100 CHF/kWh

- 2022: Gunzinger 300 CHF/kWh

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

1. Wie heizen wir in Zukunft?
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
- 3. Wie viel Strom werden wir benötigen?**
4. Wie wird der Strom produziert?
5. Was kostet das Ganze?
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

Stromverbrauch 2035

	Verbrauch [TWh/a]
Verbrauch heute	60
Einsparpotential (25%)	-15
Wärme Mehrverbrauch	+6
Mobilität Mehrverbrauch	+4
TOTAL	55
Bevölkerungswachstum Heute: 8.5 Mio Einwohner; Morgen: 10.0 Mio Einwohner	65

Produktion heute: ~ 40% AKW (~ 24 TWh/a)
(aktuell 2018: 68% erneuerbar)
Produktion morgen?

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

1. Wie heizen wir in Zukunft?
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
- 4. Wie wird der Strom produziert?**
5. Was kostet das Ganze?
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

Erneuerbare Energiequellen

Solar:

- Kosten ursprünglich 60 ct./kWh; heute EU 7 ct./kWh
- **Grenzkosten: 1 ct./kWh**
- Produktion fluktuierend
- Potential CH: ~ 30 TWh/a

Wind:

- Kosten: etwa Hälfte Solarenergie
- Heute 2 – 4 MW/ Windturbine
- Produktion fluktuierend
- Potential CH: ~ 10 TWh/a

Biomasse

- Holz, Klärschlamm, Bioabfälle
- Potential CH: 6 - 10 TWh/a



Ist Kernenergie eine Alternative?

- Olkiluoto III (Finnland), 1600 MW, Europäischer Druckwasserreaktor (EPR), Bau durch Konsortium Areva (F) und Siemens (D)
- 2005: Kosten 3.0 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2011
- 2008: Kosten 4.5 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2012
- 2009: Kosten 5.5 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2013
- 2011: Kosten 6.6 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2014
- 2012: Kosten 8.5 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2015
- 2015: Kosten 9.0 Mia €, geplante Betriebsaufnahme 2018
- 2017: Kosten ??? Mia €, geplante Betriebsaufnahme Ende 2019

- Aktie von Areva: 90% an Wert verloren

Ist Kernenergie eine Option?

Produktion:

- früher 2 Rp./kWh, heute 15 Rp./kWh

Entsorgung Schweiz:

- Kassabestand (2016) 6 Mia CHF
- Entsorgung (BFE, 2006) 18 Mia
- Entsorgung (BFE, 2014) 25 Mia
- Entsorgung (BFE, 2016) 27 Mia
- Entsorgung Gunzinger 50 Mia
- **Endlager: 2 – 4 Rp./kWh Zusatzkosten**
- **Grösstes finanzielles Desaster in der Geschichte der Schweiz**
- **Alle nuklearen Anlagen (AKW's, Zwiilag, nagra) in swiss nuclear AG zusammen legen («Bad Bank»), sonst gehen Stromkonzerne in Konkurs**
- **Am Ende bezahlen die Steuerzahler**

Erntefaktor

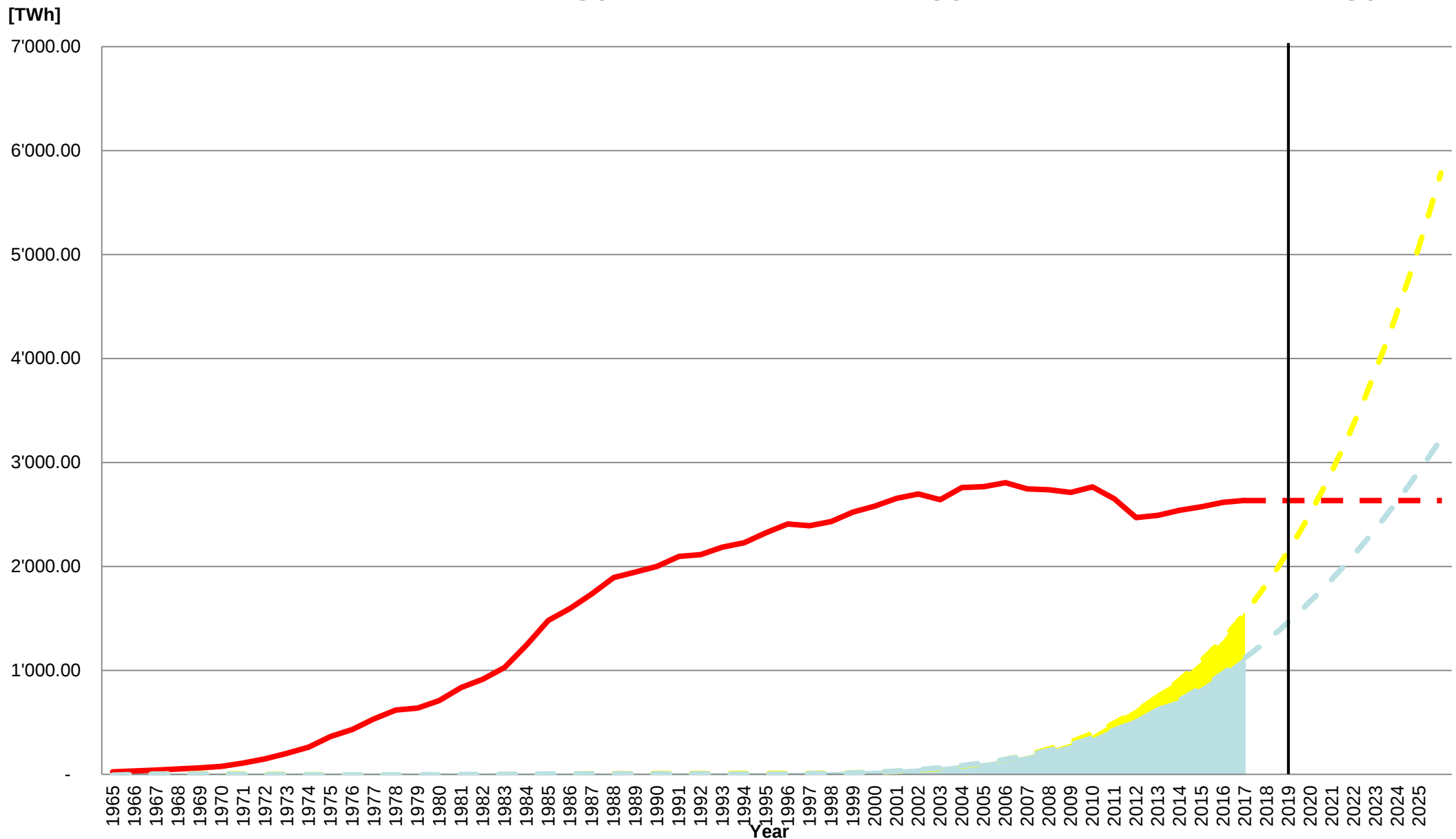
- **Definition: Verhältnis von (Nutzenergie) / (Energieaufwand für Herstellung und Betrieb der Anlage)**
- **Sonne (erneuerbar) wird nicht mitgerechnet**
- **Erntefaktor $\neq$ Wirkungsgrad**
- **Wasser: 50 – 200**
- **Wind: 25 – 50**
- **PV: 20 – 40**
- **Kohle: 0.3 – 0.5**
- **Verbrennungsmotor: 0.1 – 0.3**
- **AKW: 0.01 – 0.02**

Was macht die Welt?

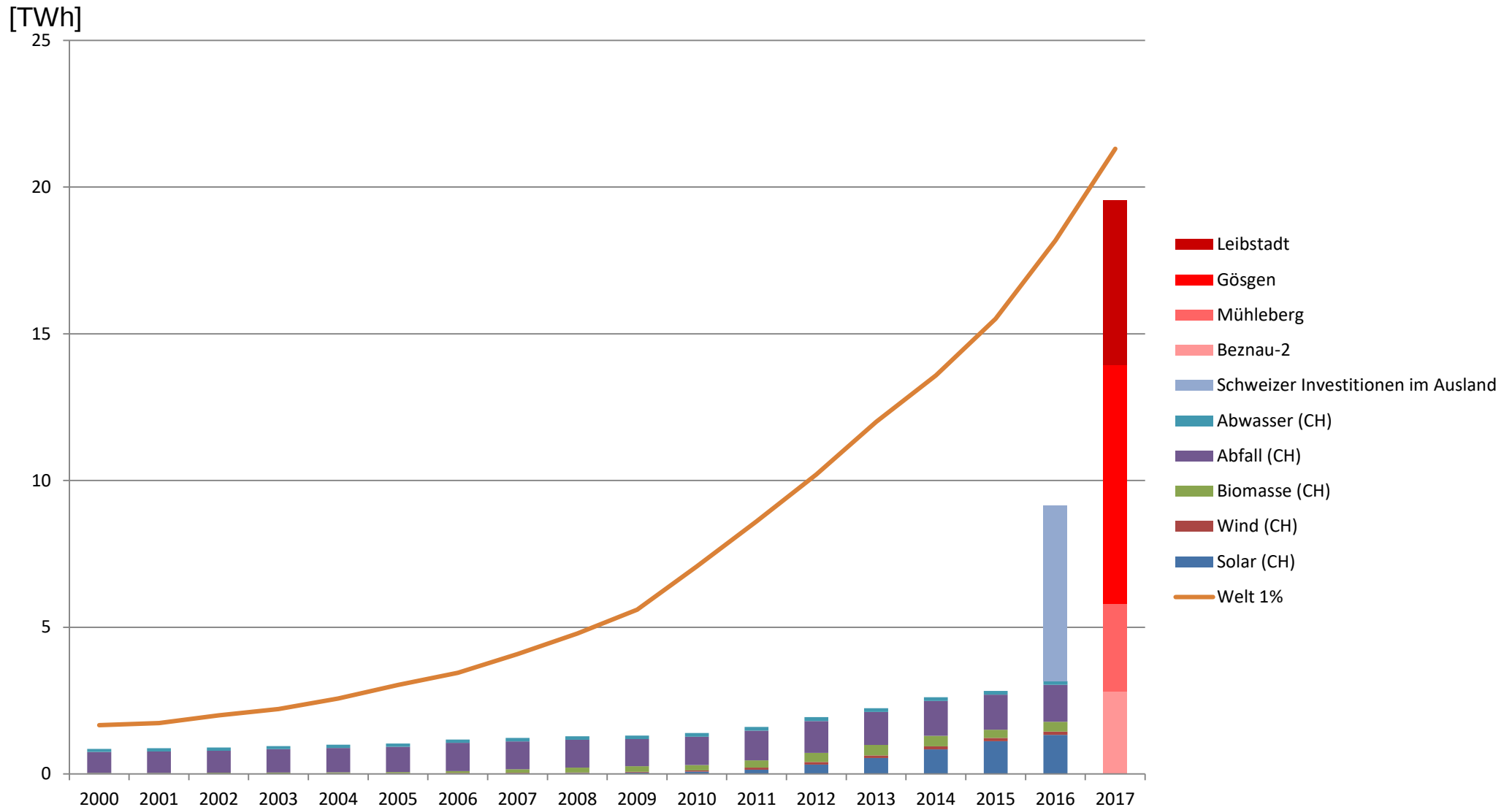
- Zubau neue erneuerbare Energie weltweit 2017
(Grundlage BP Energy Outlook):
- Zubau 2017: ~ 300 TWh (35 grosse AKWs)
- Wachstum 17 %/a
- Total 2017: neue erneuerbare Energie von 200-300 mittleren AKWs

BP Nuclear, Wind and Solar Energy Comparison

■ Solar + Wind Energy ■ Wind Energy — Nuclear Energy



Was macht die CH bezüglich neue erneuerbare Energien: Produktion & Investments (CH): 1% der Weltproduktion



Die Welt in 5 Jahren...

- **Kosten Solarenergie CH:** **5.5 Rp./kWh**
(1000 CHF/ kWp, 1000h/a, 1% Zins, 1% Unterhalt, 25 Jahre Amortisation)
- **Kosten Solarenergie USA:** **2.75 c /kWh**
(500 \$/ kWp, 1000h/a, 1% Zins, 1% Unterhalt, 25 Jahre Amortisation)
- **Grenzkosten Solarenergie CH:** **1.0 Rp./kWh**
(1000 CHF/ kWp, 1000h/a, 1% Zins, 1% Unterhalt, 25 Jahre Amortisation)
- **Kosten Batteriespeicherung:** **1.0 Rp./kWh**
(100 CHF/ kWh, 5000 Zyklen, 50% der Energie wird gespeichert)
- **Kosten Öl CH:** **75 Rp./l**
- **Kosten Öl CH:** **7.5 Rp./kWh**
- **Kosten synthetisches Gas (CO₂-frei) CH:** **7.9 Rp./kWh**
- **Achtung: elektrische Energie ist viel wertvoller als Öl-Energie (mindestens Faktor 4)**

Ist es möglich Kernenergie durch PV, Wind und Biomasse zu ersetzen?

«Es ist nicht möglich, dass Photovoltaik und Wind die Kernenergie ersetzen können. Wir verkünden und begründen das immer wieder. Beide erzeugen unzuverlässigen Flatterstrom, der vor allem dann verfügbar ist, wenn man ihn nicht braucht.»

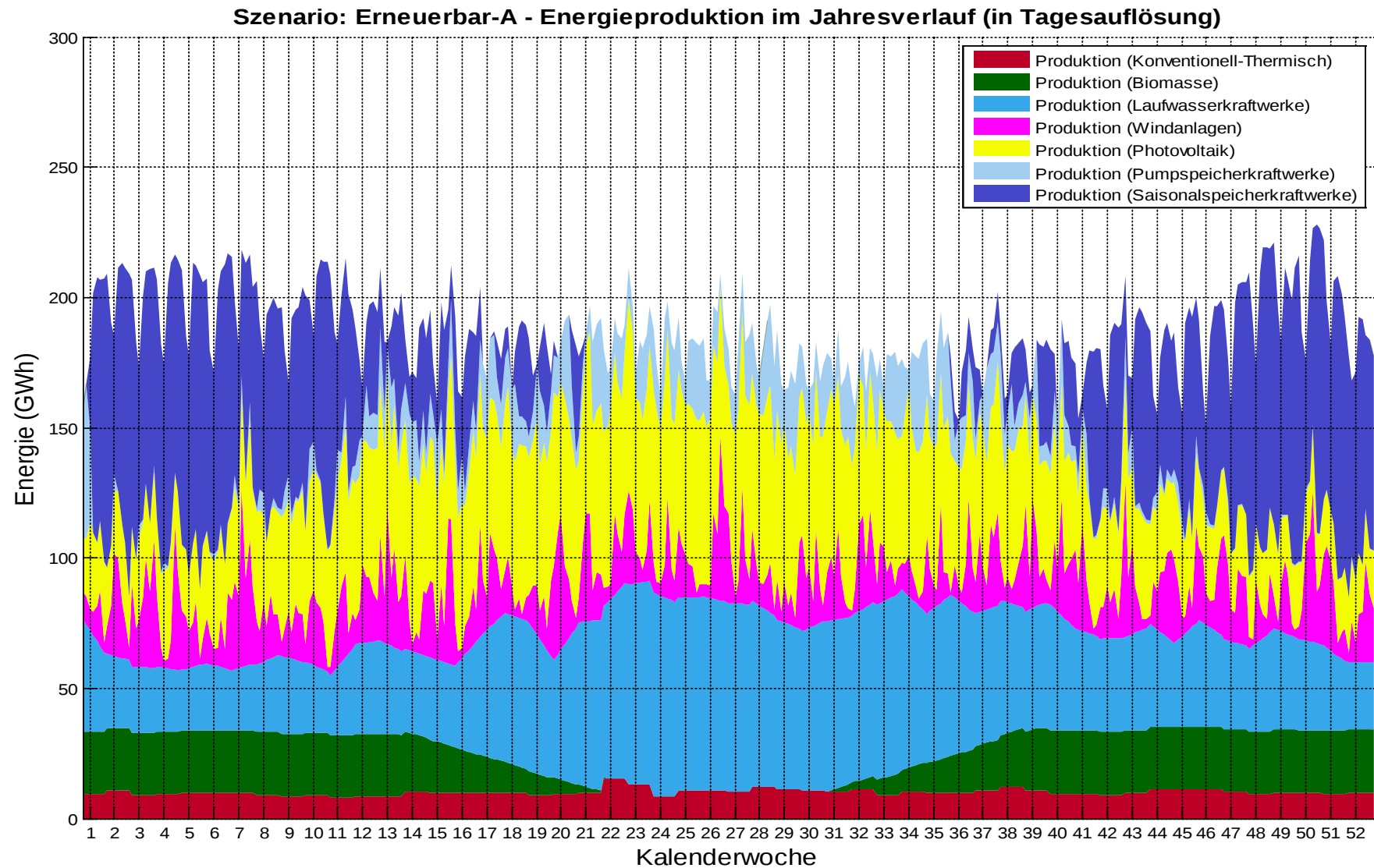
Quelle: <http://kaltduschenmitdoris.ch/>

Dr. Irene Aegerter; erm. Prof. Dr. Silvio Borner, Volkswirtschaftslehre UNI Basel; erm. Prof. Franz-Karl Reinhart, EPFL; erm. Prof. Dr. Bernd Schips, KOF ETHZ

Wir haben ausgerechnet, dass bei richtiger Dimensionierung eine Versorgung der Schweiz mit 100% erneuerbarer Energie kostengünstig möglich ist.

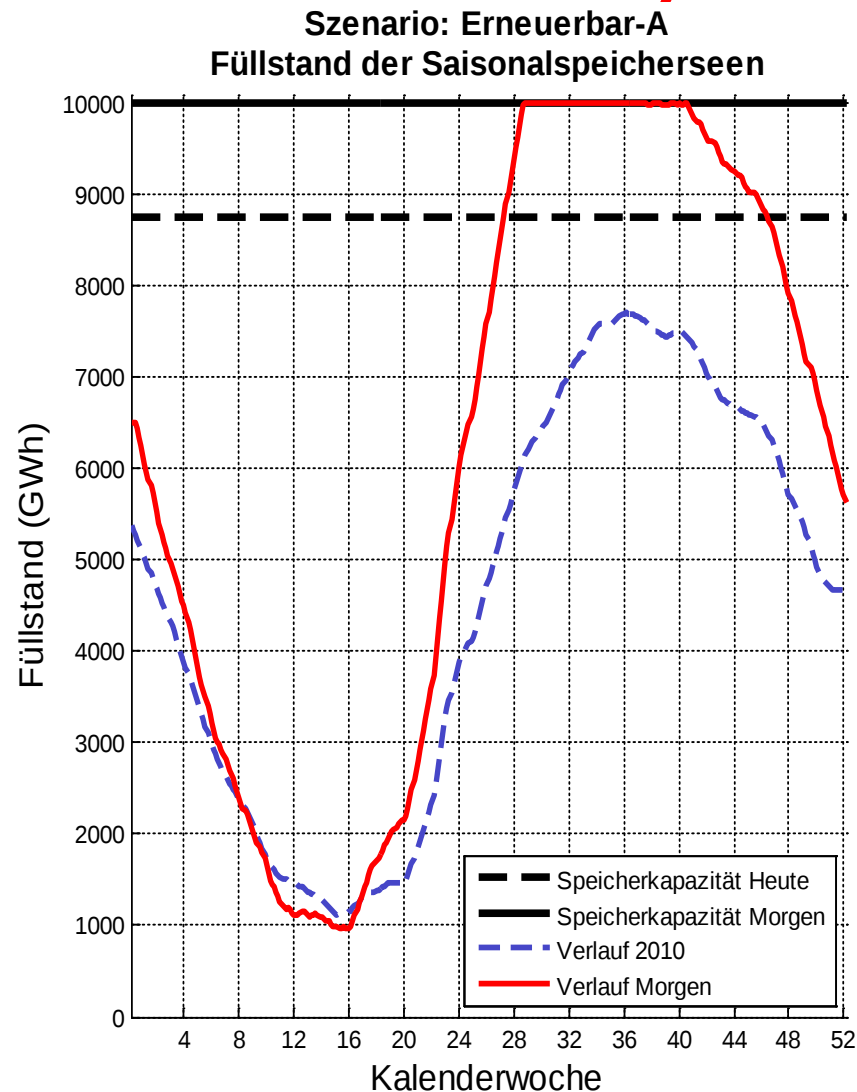
Quelle: «Kraftwerk Schweiz – Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft»

Solar, Wind und Biomasse: Jahresverlauf der Energie



git: heads/master-0-gc8e6897 date 2013-05-03 13:35

Die Speicherfrage: Füllstand der Speicherseen (Solar, Wind und Biomasse)



KVA:	3.7 TWh
Laufwasser:	16.6 TWh
Speicherseen:	19.8 TWh
AKW's:	0.0 TWh
PV:	16.4 TWh
Wind:	7.0 TWh
Biomasse:	5.9 TWh

Total:	69.4 TWh
Nutzenergie:	60.0 TWh
Defizit:	0.3 TWh

Kosten **16.8 Rp. / kWh**
(billiger als neue AKW)

git: heads/master-0-gc8e6897 date 2013-05-03 13:35

Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

1. Wie heizen wir in Zukunft?
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
4. Wie wird der Strom produziert?
- 5. Was kostet das Ganze?**
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

Energiekosten Schweiz von 2016 bis 2050 (ohne Steuern und Abgaben)

	WWB
Kosten Inland [Mia CHF]	490
Kosten Ausland [Mia CHF]	1610
Kosten Total [Mia CHF]	2100

Energiekosten Schweiz von 2016 bis 2050 (ohne Steuern und Abgaben)

	WWB	ES2050	Gunzinger
Kosten Inland [Mia CHF]	490	590	690
Kosten Ausland [Mia CHF]	1610	1350	420
Kosten Total [Mia CHF]	2100	1940	1110
Anzahl Beschäftigte [Tausend]	140	169	196
CO ₂ -Ausstoss (2035) [t]	5.2	5.1	0.9

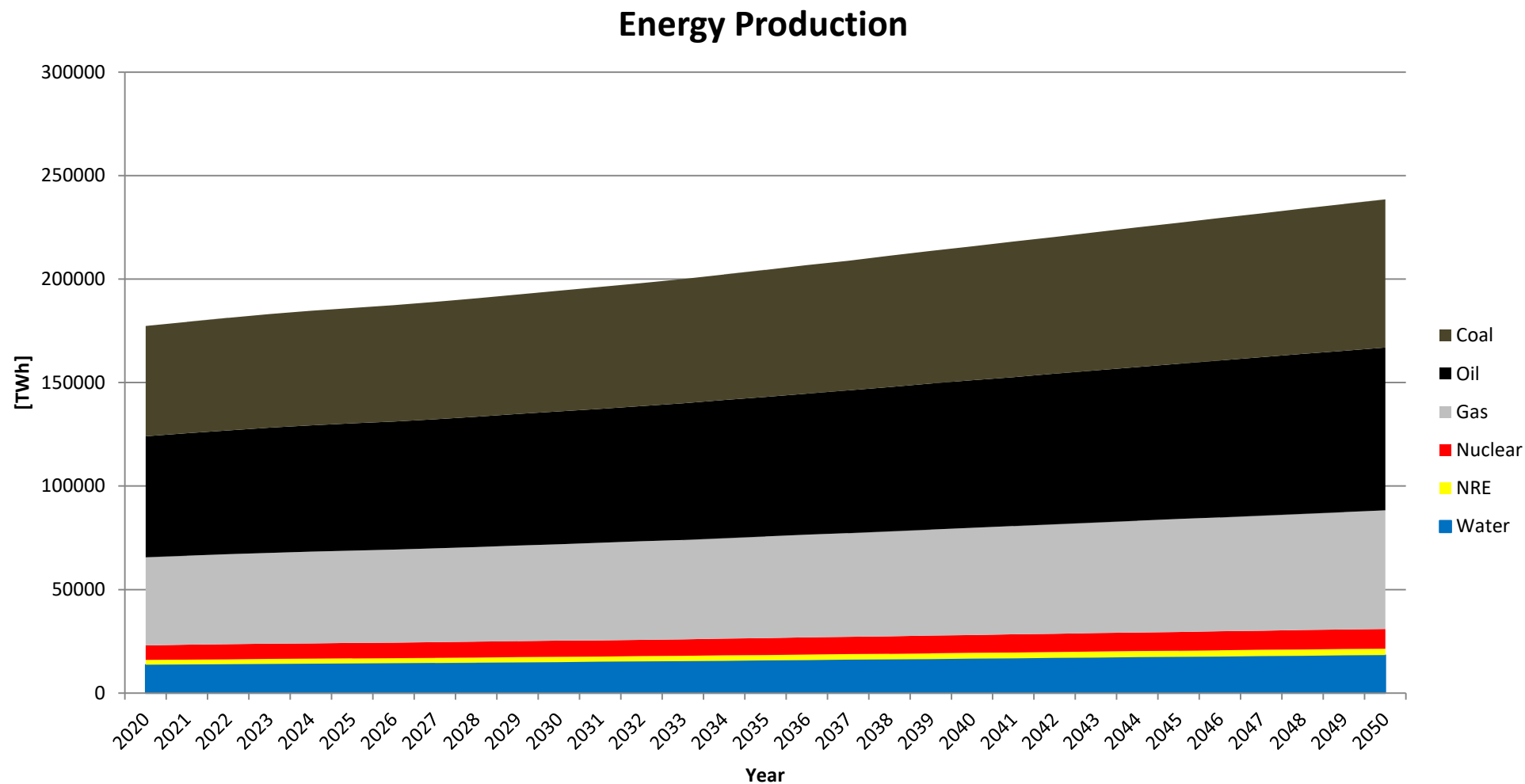
Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

1. Wie heizen wir in Zukunft?
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
4. Wie wird der Strom produziert?
5. Was kostet das Ganze?
- 6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?**

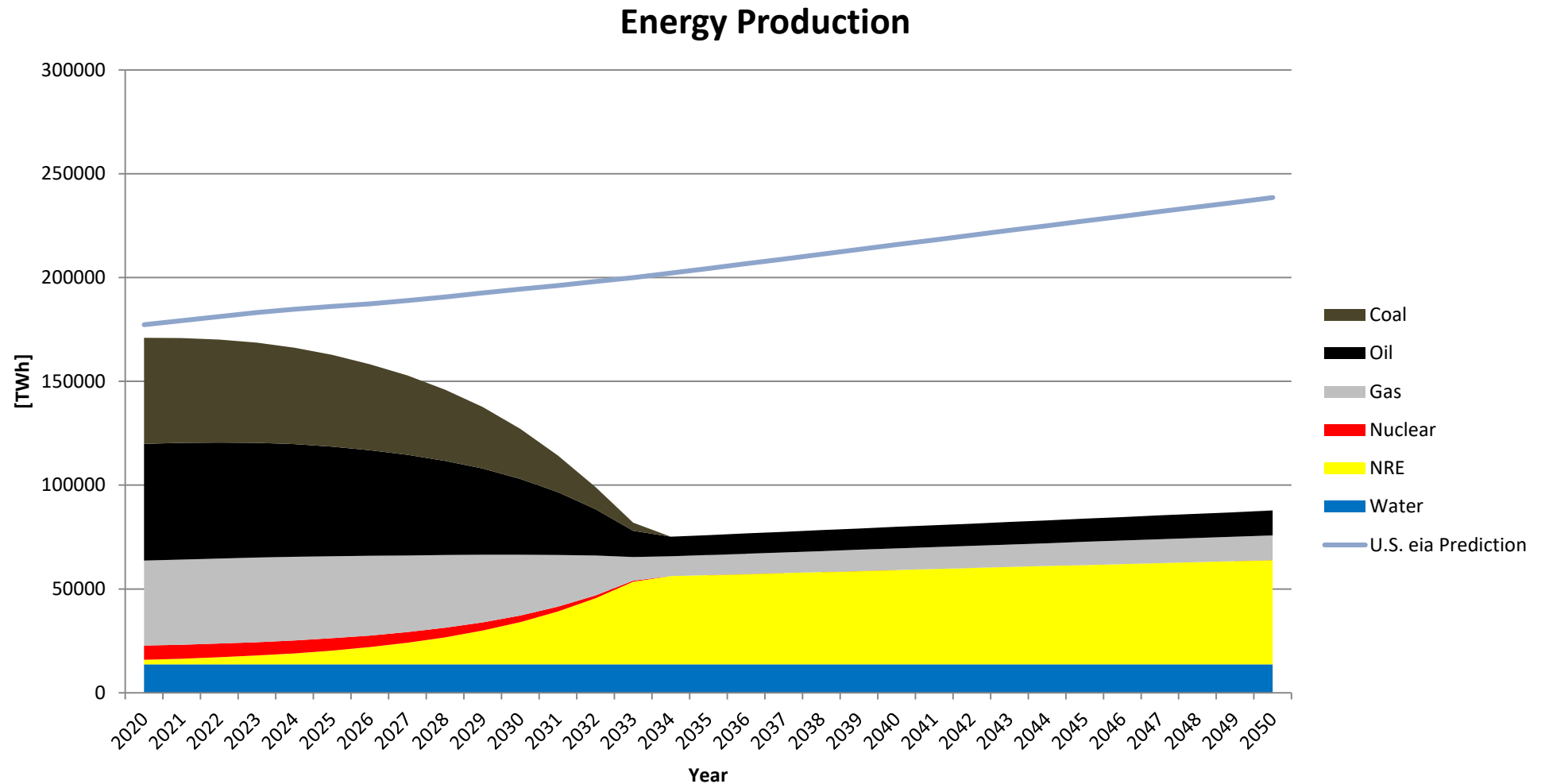
Was ist weltweit möglich?

- **Grundlage Energiebedarf Welt: Amerikanische Energiebehörde**
- **Ziel: Temperatur Anstieg maximal 2°C**
 - **Maximaler Ausstoss CO₂ auf 900 Gt bis 2050 beschränkt (Reto Knuti, ETHZ)**
- **Szenario A:**
 - Weiter wie bisher
- **Szenario B:**
 - Zunahme Zubau NEE (neue Erneuerbare Energien) wie heute (20% pro Jahr)
 - Kernenergie, Kohle, Öl und Gas werden durch NEE ersetzt
 - Effizienz Steigerung durch Strom: Faktor 4
 - Je 5% Restmenge bei Öl und Gas
 - Preise NEE wie heute.
- **Was geschieht?**
- **CO₂ Entwicklung?**
- **Kostenentwicklung?**

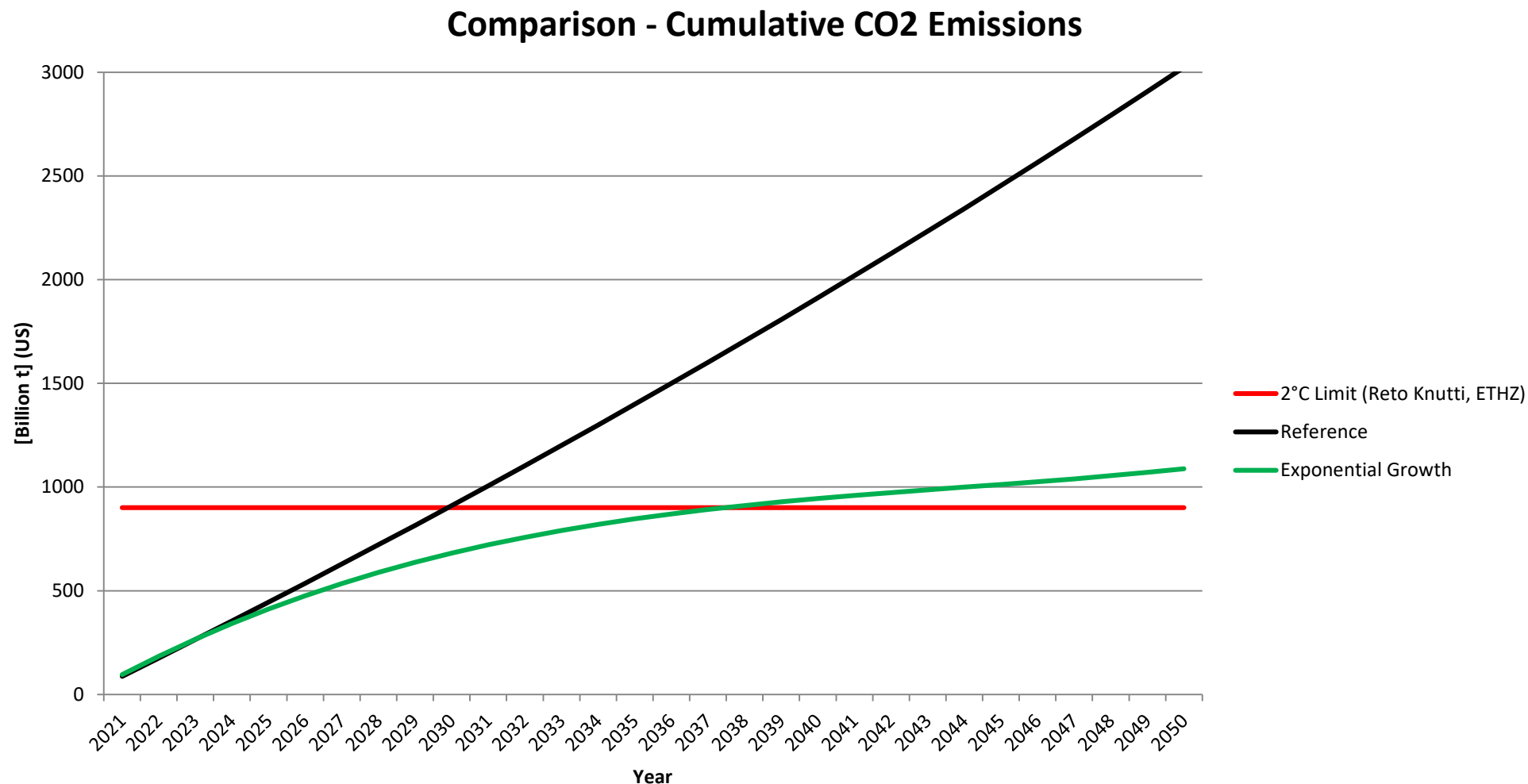
Reference Scenario A: Energy Production



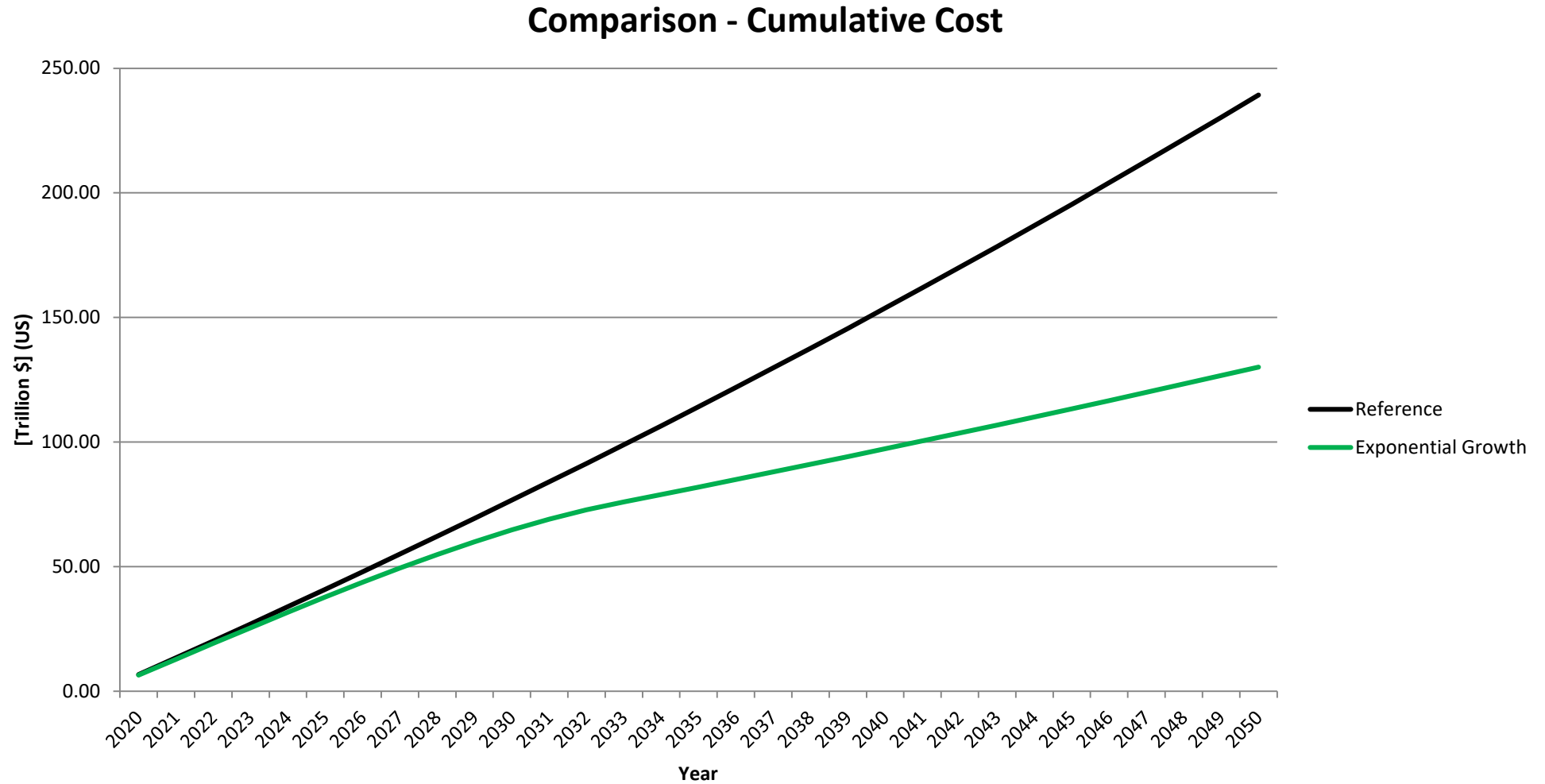
Scenario B: NRE – Energy Production



Comparison – Cumulative CO₂ Emissions



Comparison – Cumulative Cost



Welche Veränderungen kommen auf uns zu?

- Mit den neuen Erneuerbaren ist das 2° Szenario möglich
- Mit den neuen Erneuerbaren reduzieren sich die Kosten für Energie global bis 2050 um etwa 100'000 Mia\$ oder 3'000 Mia\$/Jahr oder 5% des Welt BIP
- Die Investitionen in fossile Energien (6000 Mia\$/a) werden wertlos
- Es finden keine Ressourcen-Kriege mehr statt
- Mit dieser Strategie werden global etwa 100 Mio Menschen arbeitslos, aber es gibt mehr Arbeit in den Industrienationen
- Wir werden nur noch elektrisch Auto fahren: Unterhaltskosten halbieren sich, Europäische und Amerikanische Autoindustrie sind schlecht vorbereitet.
- Es findet ein kompletter Machtumbau statt, lokal & global



... wir können es finanzieren

...das Geld bleibt hier

... und es macht Spass

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Vision meets reality.