

# 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](mailto: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**

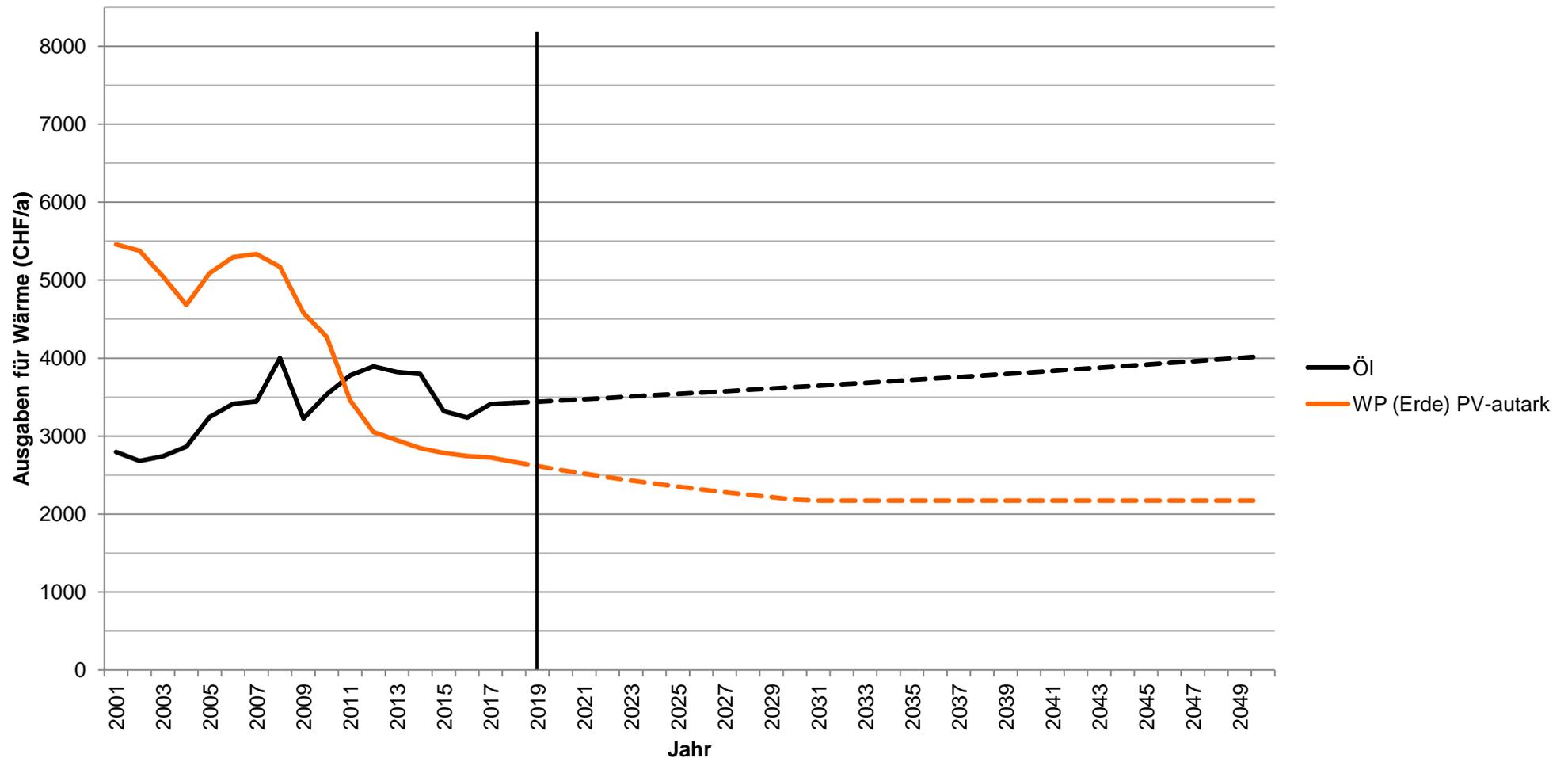
- 1. Wie heizen wir in Zukunft?**
2. Wie bewegen wir uns in Zukunft?
3. Wie viel Strom werden wir benötigen?
4. Wie wird der Strom produziert?
5. Was kostet das Ganze?
6. Wie sieht die Energiezukunft der Welt aus?

# Wärme

- Verbesserung der Wärmedämmung von 22 l (1970) auf 3.6 l Öl pro m<sup>2</sup> & 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 km<sup>2</sup>**
- **Flächenverbrauch Auto: 900 km<sup>2</sup> 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

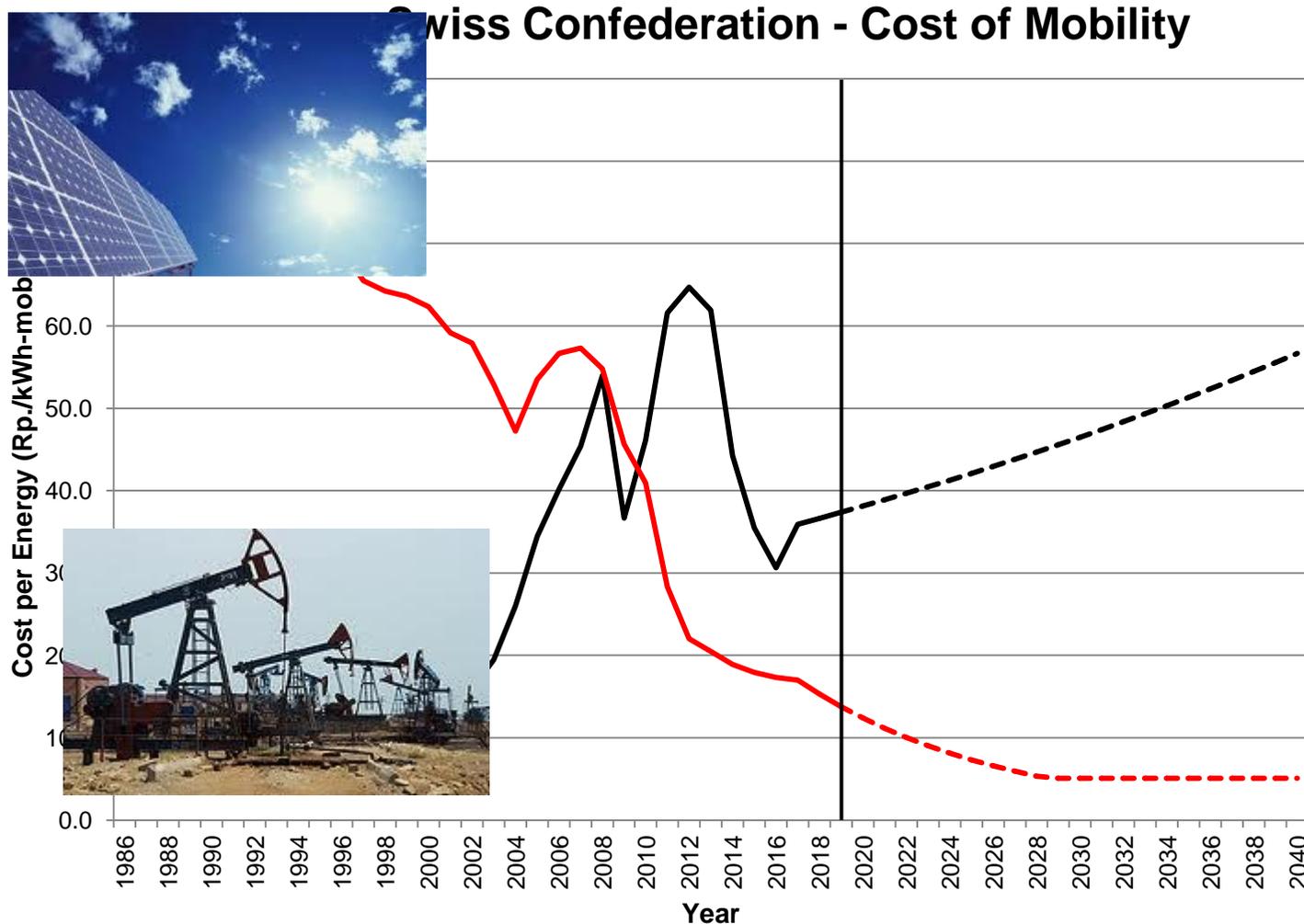
# Mobilität: Verhaltensänderung Suffizienz

- 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



CO<sub>2</sub> Emissionen [g/km]

Broschüre: 148

Realität: 280

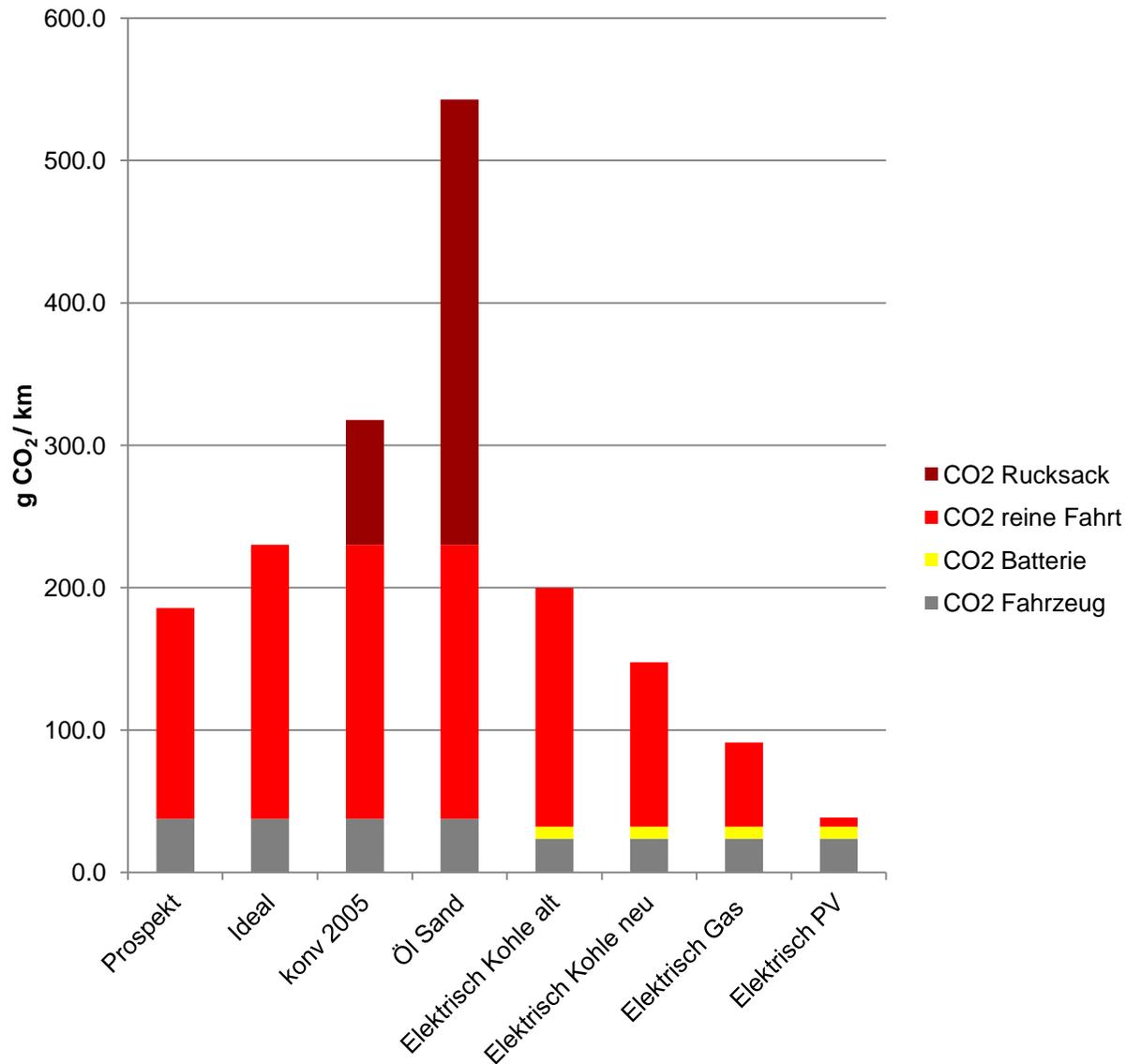
Fracking: 309

CO<sub>2</sub> Emissionen [g/km]

Realität: 6

# CO<sub>2</sub> Emissionen eines Durchschnittsautos (1400 kg)

## CO<sub>2</sub> Bilanz Fahrzeug



**Elektrisch fahren  
produziert 8 Mal weniger  
CO<sub>2</sub>.**

# Fahren mit Strom ist hocheffizient



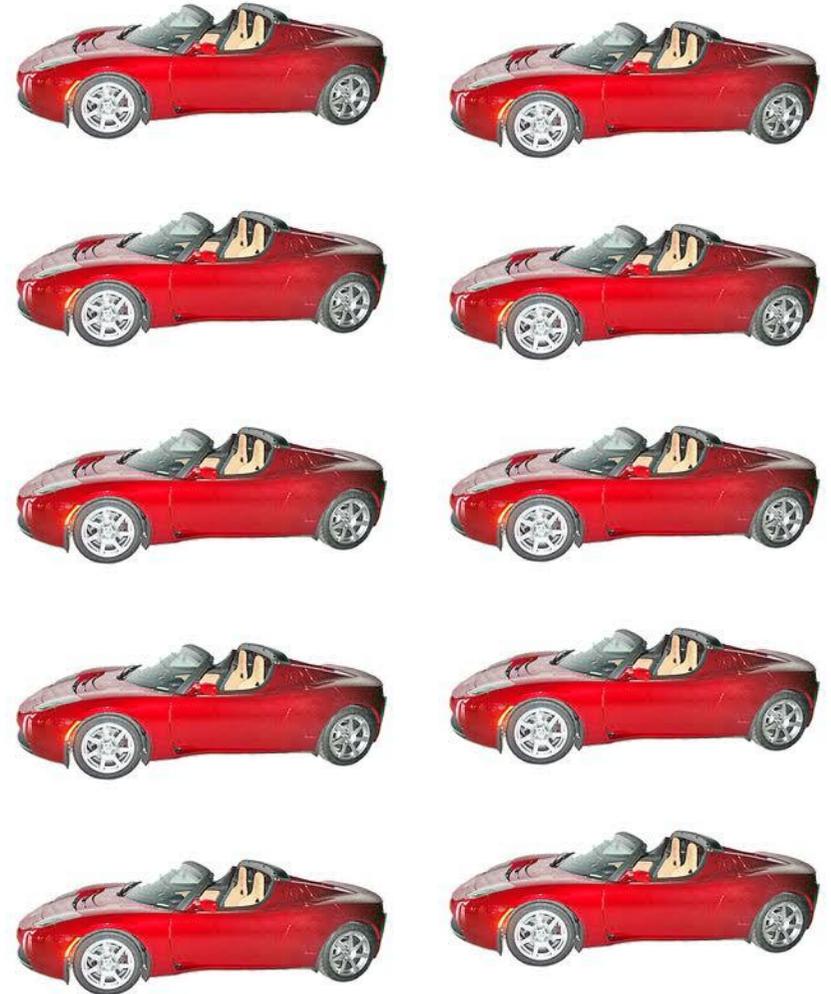
		Tesla	Porsche
Typ		Roadster Sport	911 Carrera S
Leistung	[PS]	300	350
	[kW]	225	260
0 auf 100 km/h	[s]	3.7	4.8
Verbrauch	[kWh/100 km]	14	110
	[l/100km]	1.6	12

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

# Wo kommt der Strom für die Elektromobilität her?



- 133 m<sup>2</sup>, 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]
<b>Verbrauch heute</b>	<b>60</b>
<b>Einsparpotential (25%)</b>	<b>-15</b>
<b>Wärme Mehrverbrauch</b>	<b>+6</b>
<b>Mobilität Mehrverbrauch</b>	<b>+4</b>
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>
<b>Bevölkerungswachstum</b> Heute: 8.5 Mio Einwohner; Morgen: 10.0 Mio Einwohner	<b>65</b>

**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

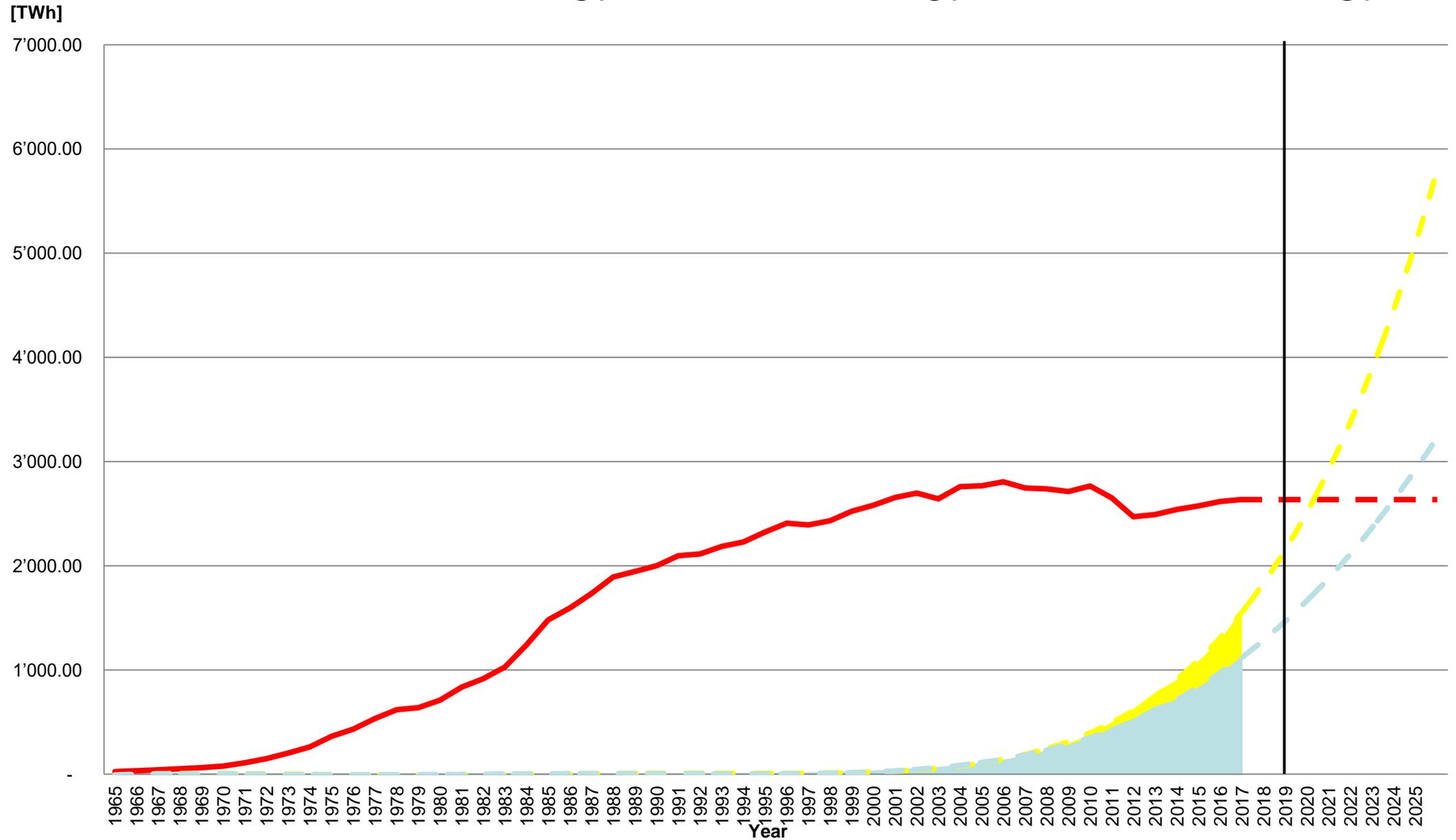
- **Definition: Verhältnis von (Nutzenergie) / (Energieaufwand für Herstellung und Betrieb der Anlage)**
- **Sonne (erneuerbar) wird nicht mitgerechnet**
- **Erntefaktor  $\neq$  Wirkungsgrad**
- **Wasser: 50 – 200**
- **Wind: 25 – 50**
- **PV: 20 – 40**
- **Kohle: 0.3 – 0.5**
- **Verbrennungsmotor: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

# Was macht die Welt?

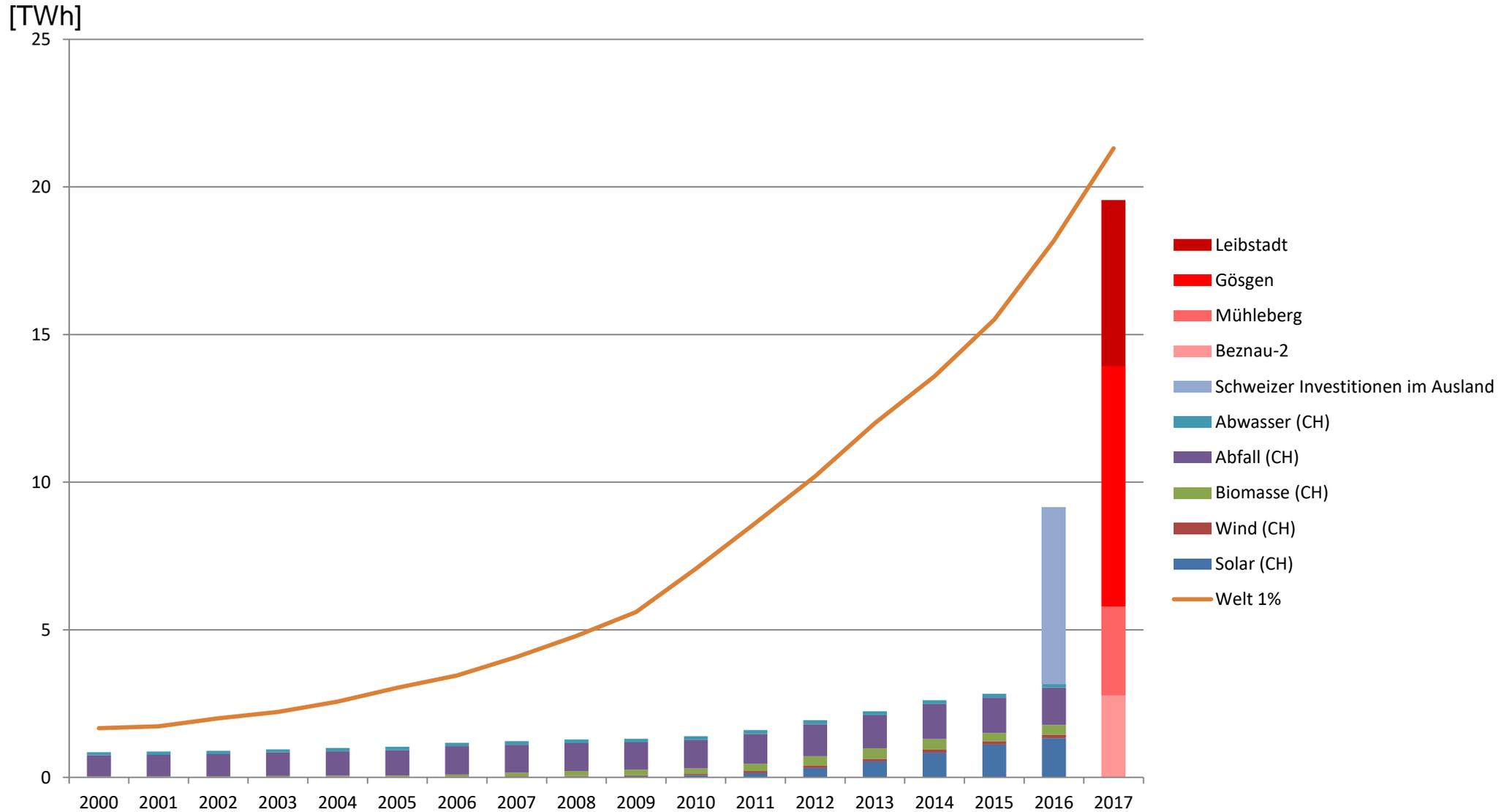
- **Zubau neue erneuerbare Energie weltweit 2017 (Grundlage BP Energy Outlook):**
- **Zubau 2017: ~ 300 TWh (35 grosse AKWs)**
- **Wachstum 17 %/a**
- **Total 2017: neue erneuerbare Energie von 200-300 mittleren AKWs**

# 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 (CO<sub>2</sub>-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.»**

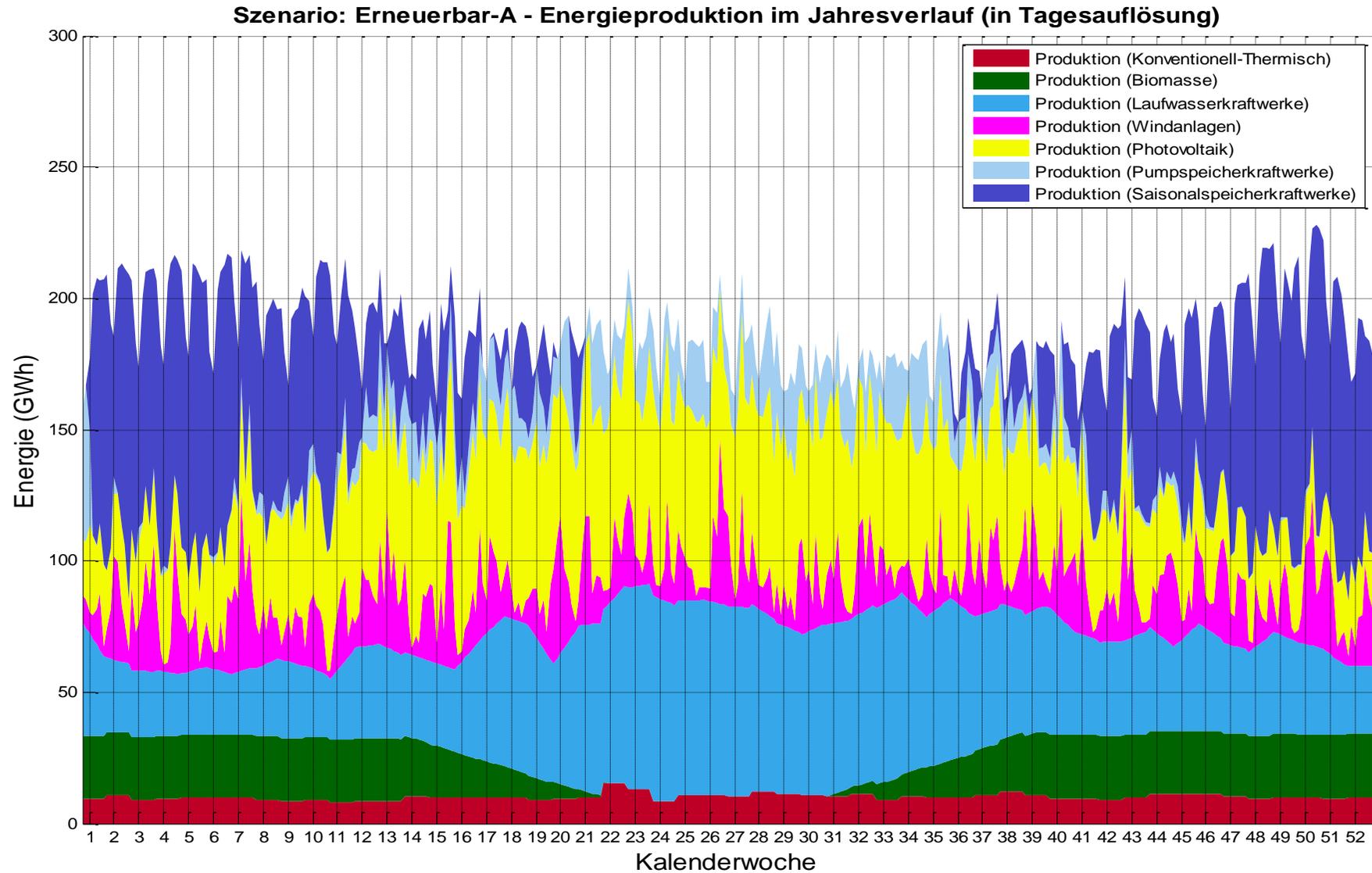
Quelle: <http://kaltduschenmitdoris.ch/>

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.**

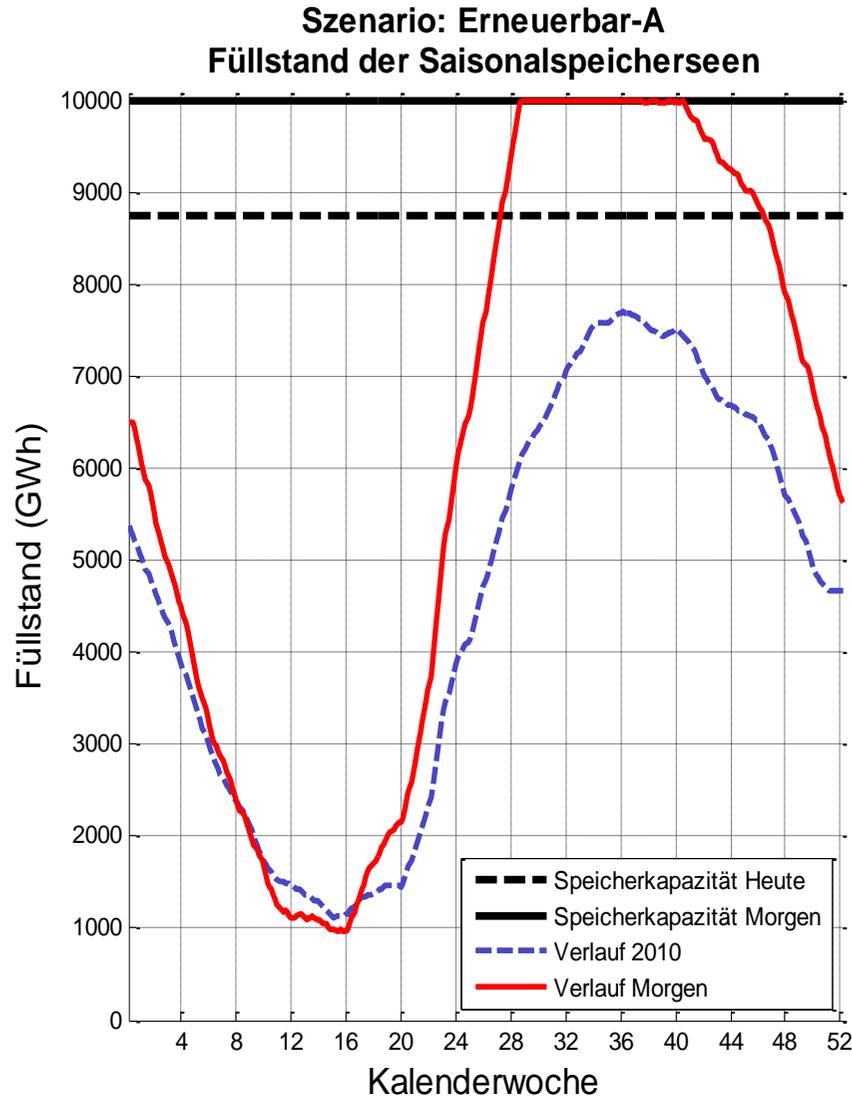
Quelle: **«Kraftwerk Schweiz – Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft»**

# 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)

	<b>WWB</b>
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 <sub>2</sub> -Ausstoss (2035) [t]	5.2	5.1	0.9

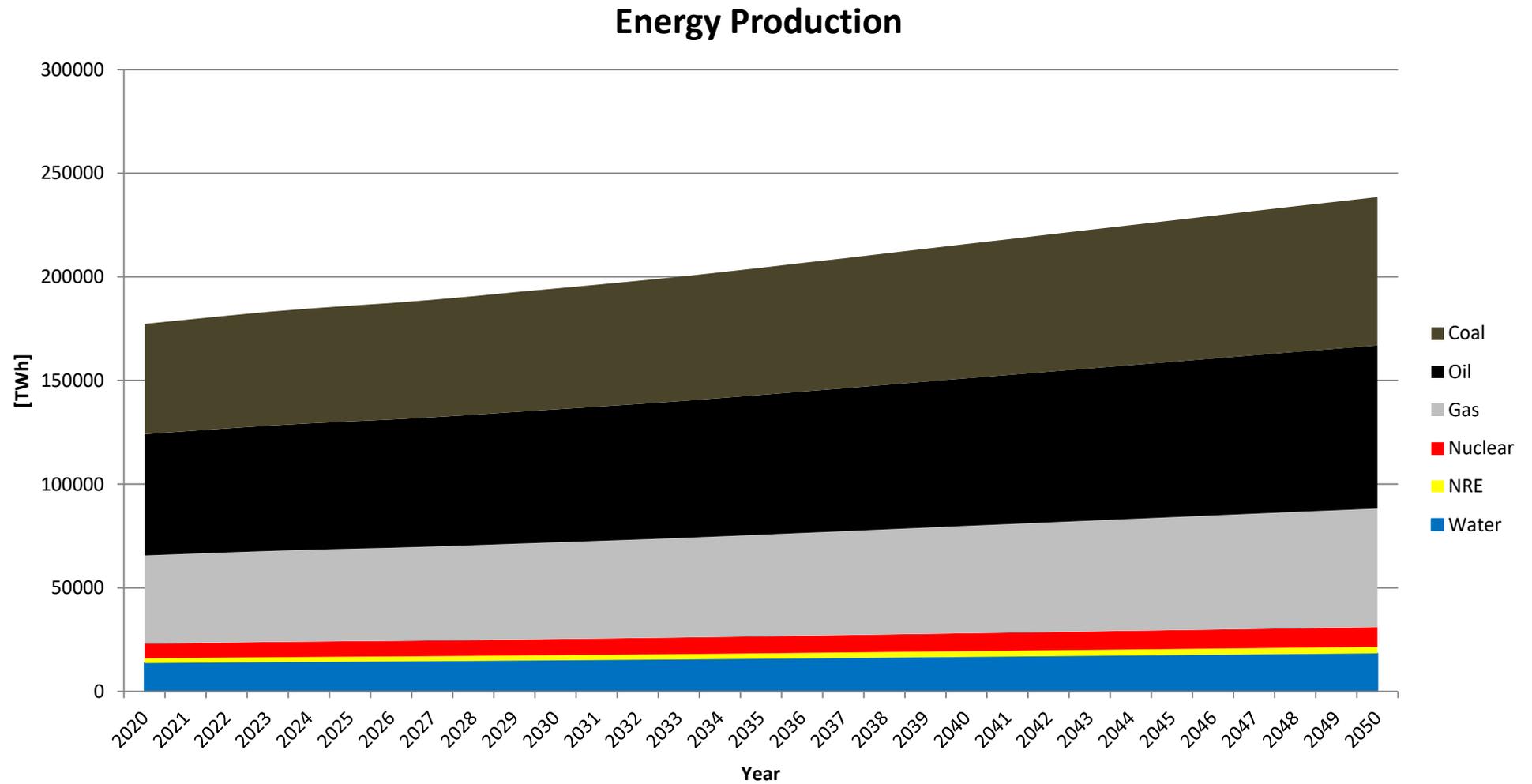
# Kraftwerk Schweiz: Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

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?**

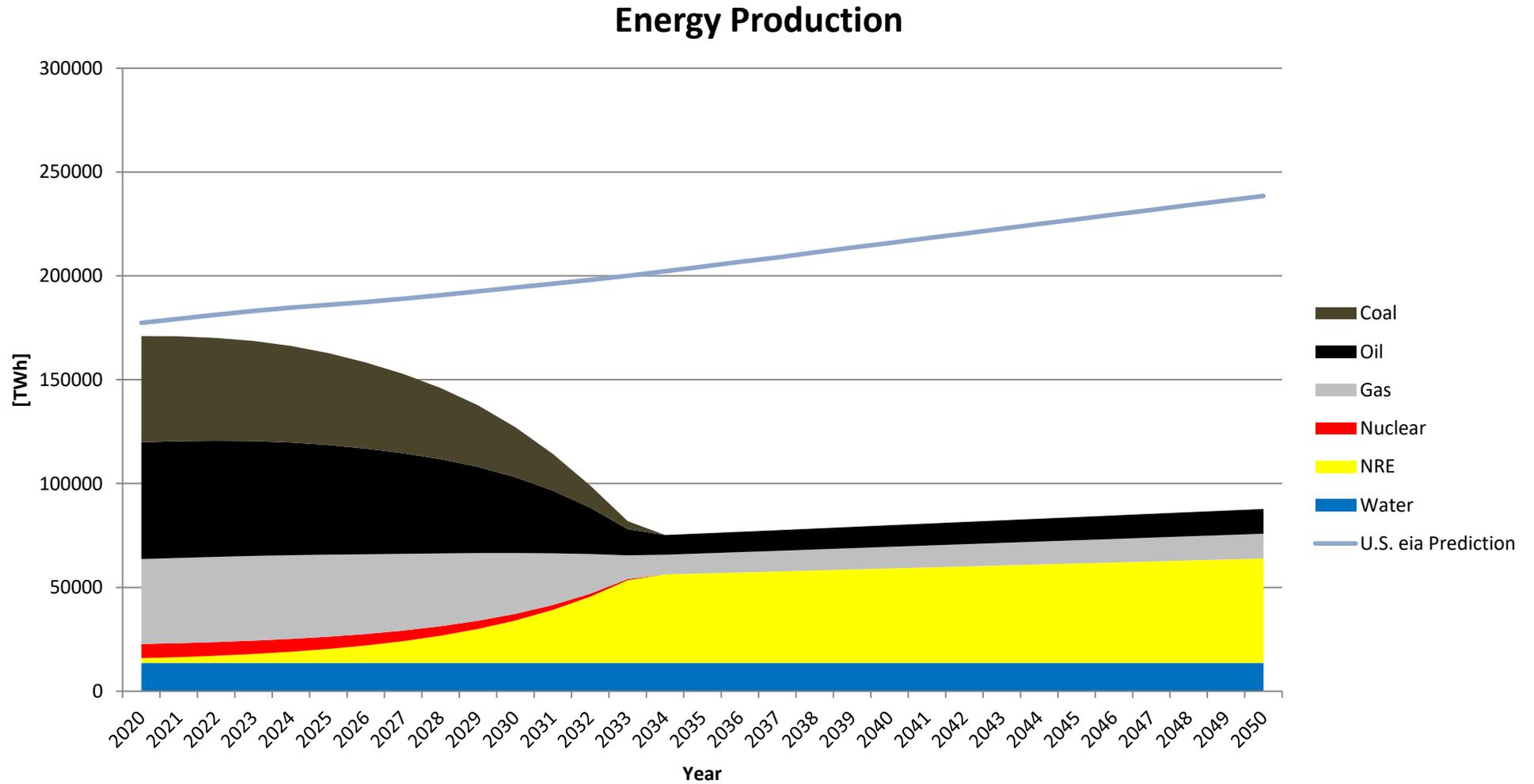
# Was ist weltweit möglich?

- **Grundlage Energiebedarf Welt: Amerikanische Energiebehörde**
- **Ziel: Temperatur Anstieg maximal 2°C**
  - **Maximaler Ausstoss CO<sub>2</sub> 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?**
- **CO<sub>2</sub> Entwicklung?**
- **Kostenentwicklung?**

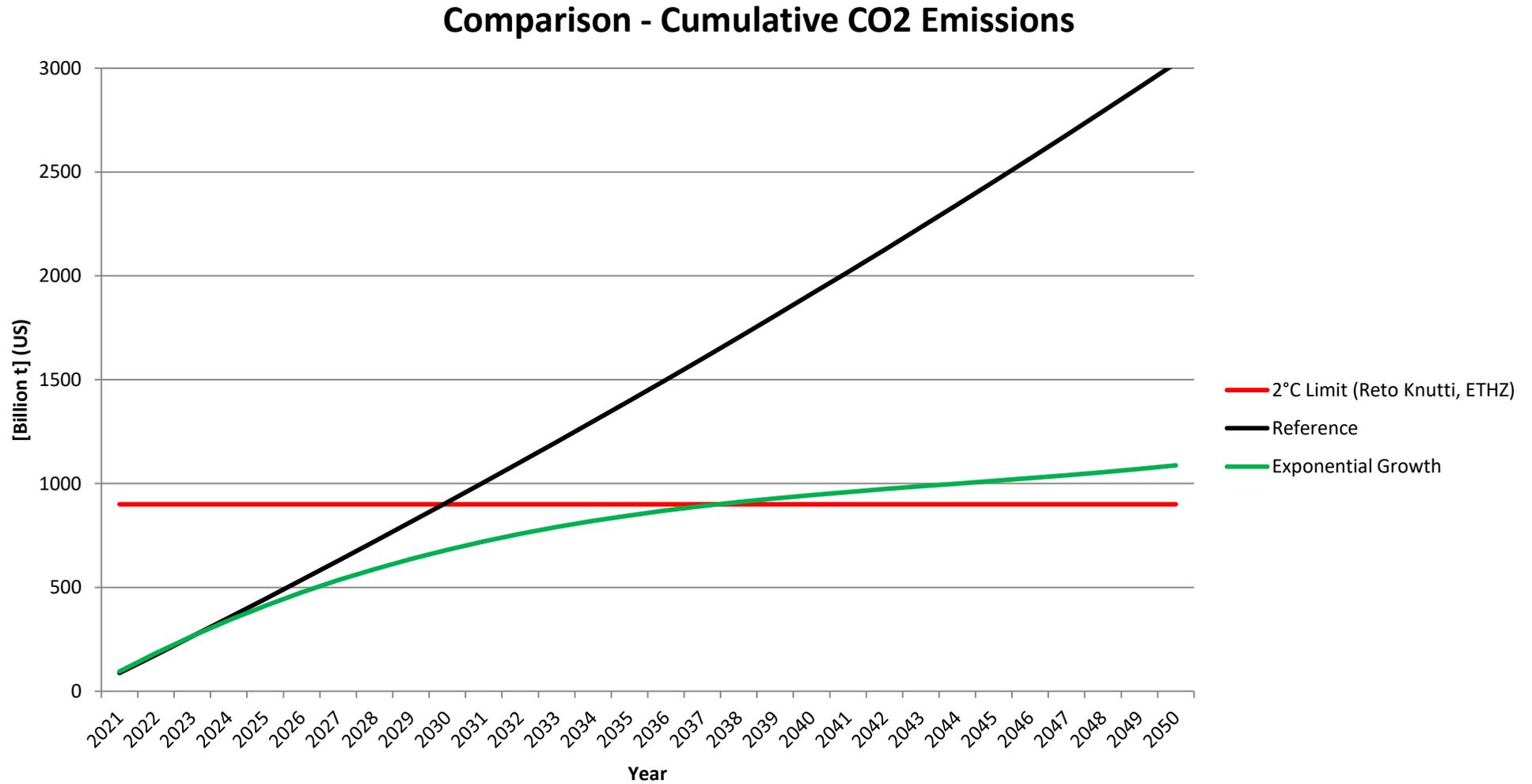
# Reference Scenario A: Energy Production



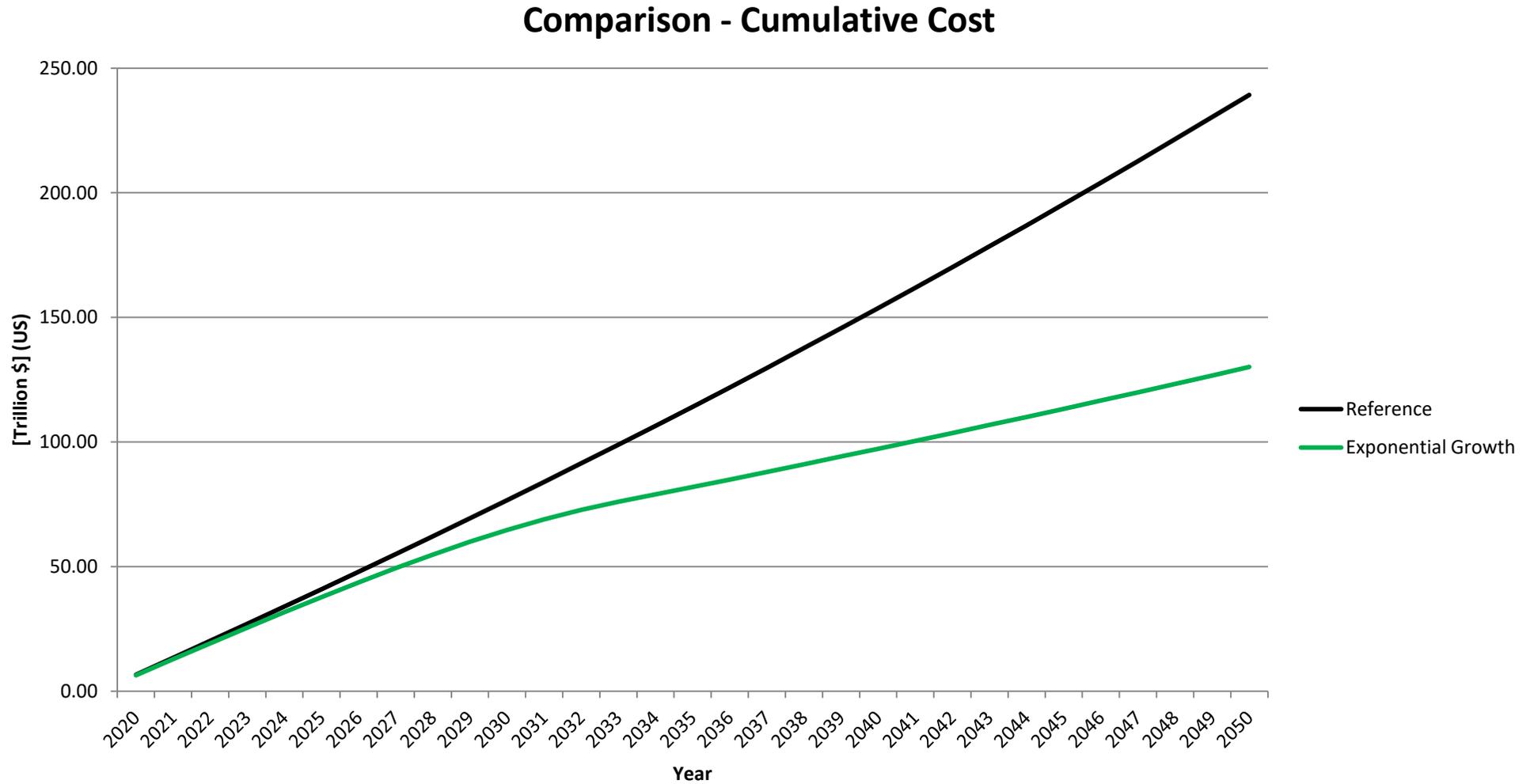
# Scenario B: NRE – Energy Production



# Comparison – Cumulative CO<sub>2</sub> Emissions



# Comparison – Cumulative Cost



# Welche Veränderungen kommen auf uns zu?

- Mit den neuen Erneuerbaren ist das 2<sup>o</sup> 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.**