

# Wie geht es dem Kraftwerk Schweiz?

asut, 30. August 2018

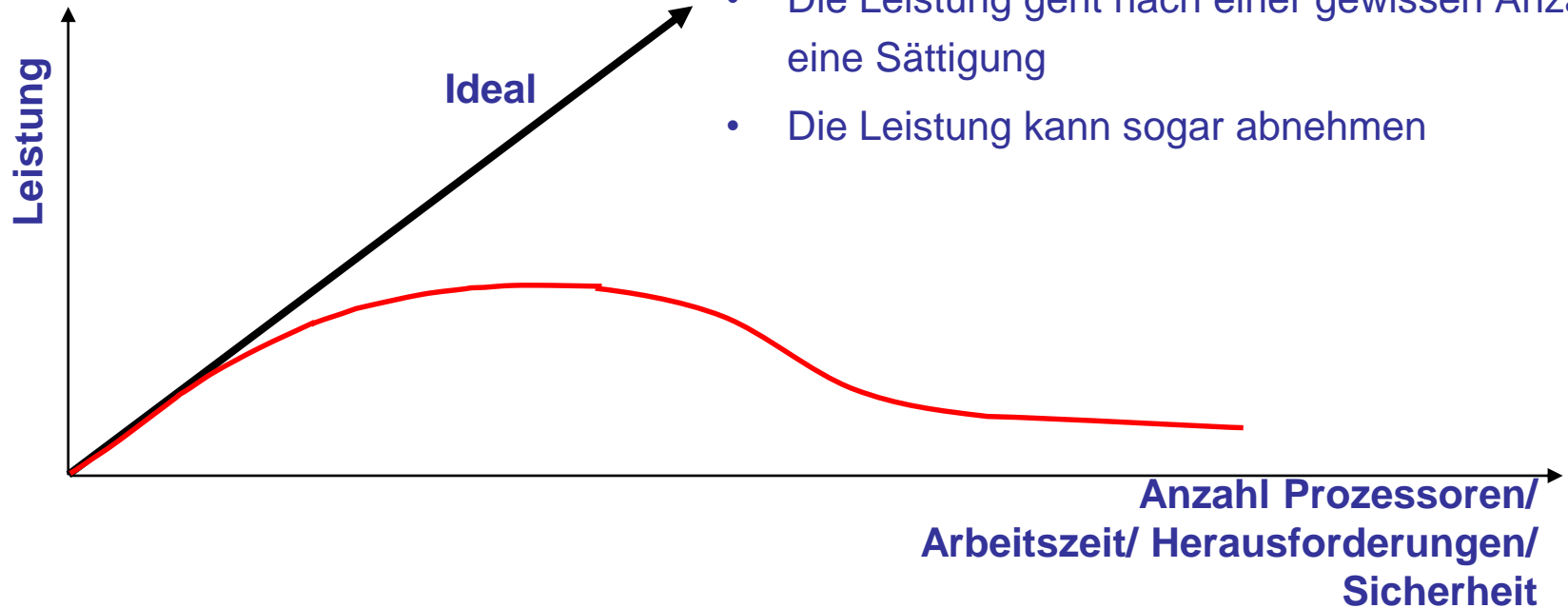
Prof. Dr. Anton Gunzinger

Unternehmer

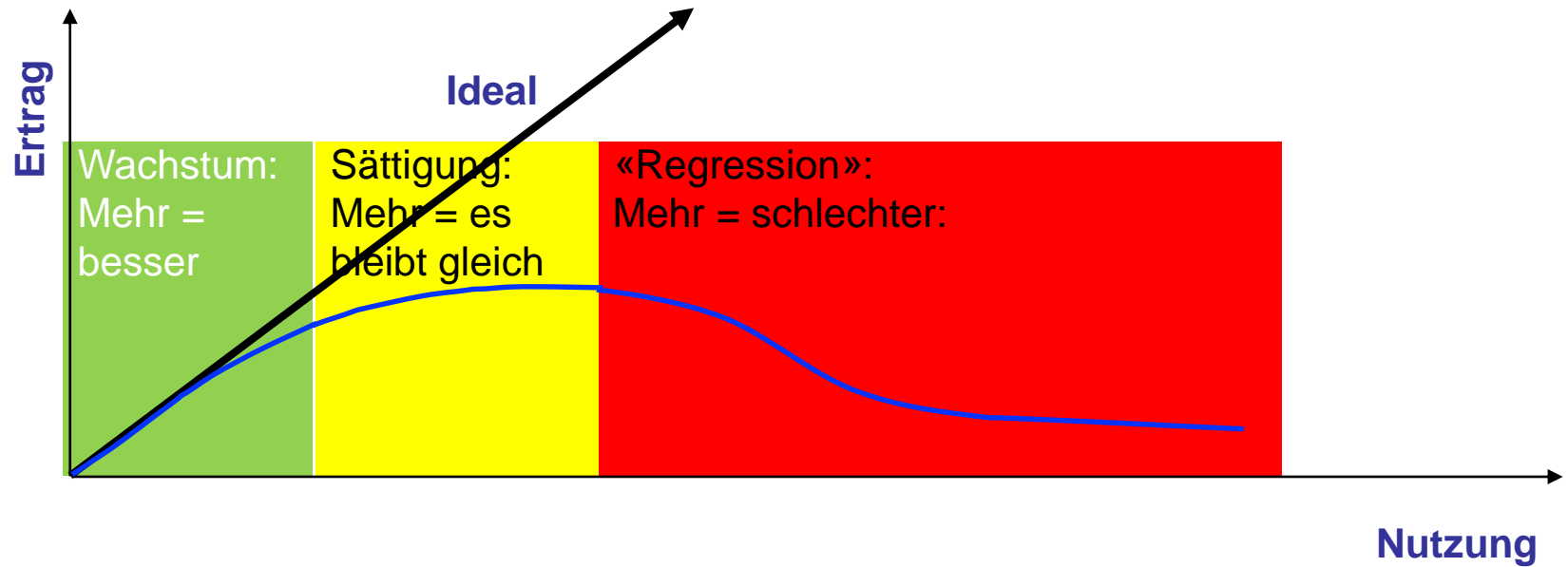
[gunzinger@scs.ch](mailto:gunzinger@scs.ch)

# Um was geht es? Skalierbarkeit von (Computer-) Systemen

- Die Leistung nimmt zu
- Die Leistung geht nach einer gewissen Anzahl in eine Sättigung
- Die Leistung kann sogar abnehmen



# Um was geht es?



# Mobilität: Faire Vollkostenrechnung

- Flächenverbrauch alle Häuser: 400 km<sup>2</sup>
- Flächenverbrauch Auto: 1200 km<sup>2</sup> Strasse nur zu 2.9% genutzt
  
- 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.**

# 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 < 500 m: zu Fuss  
(~ 30% aller Fahrten)
- Strecken < 5 km: (E-) Bike  
(~ 30% aller Fahrten)
- Rest: Mehrere Menschen im (leichten) Elektrofahrzeug



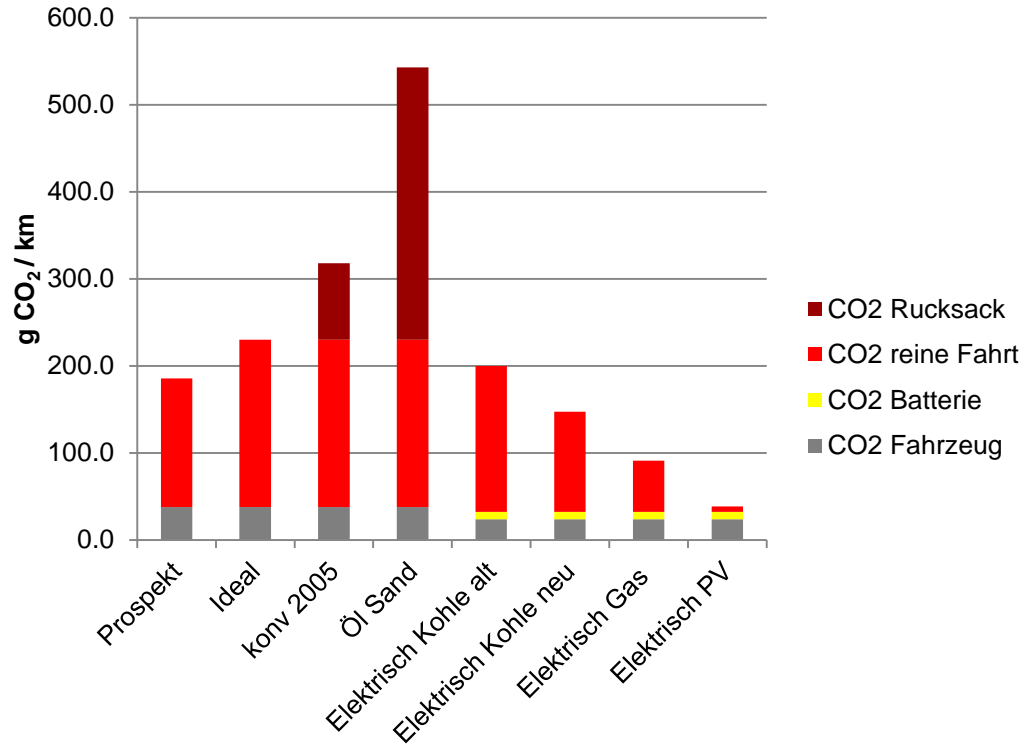
**Totale Einsparung Energie  
Faktor 2 – 4**

# Energie Kosten: Öl versus Elektrisch/Solar



# 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>.**



# 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

# 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**

# Kosten Kernenergie

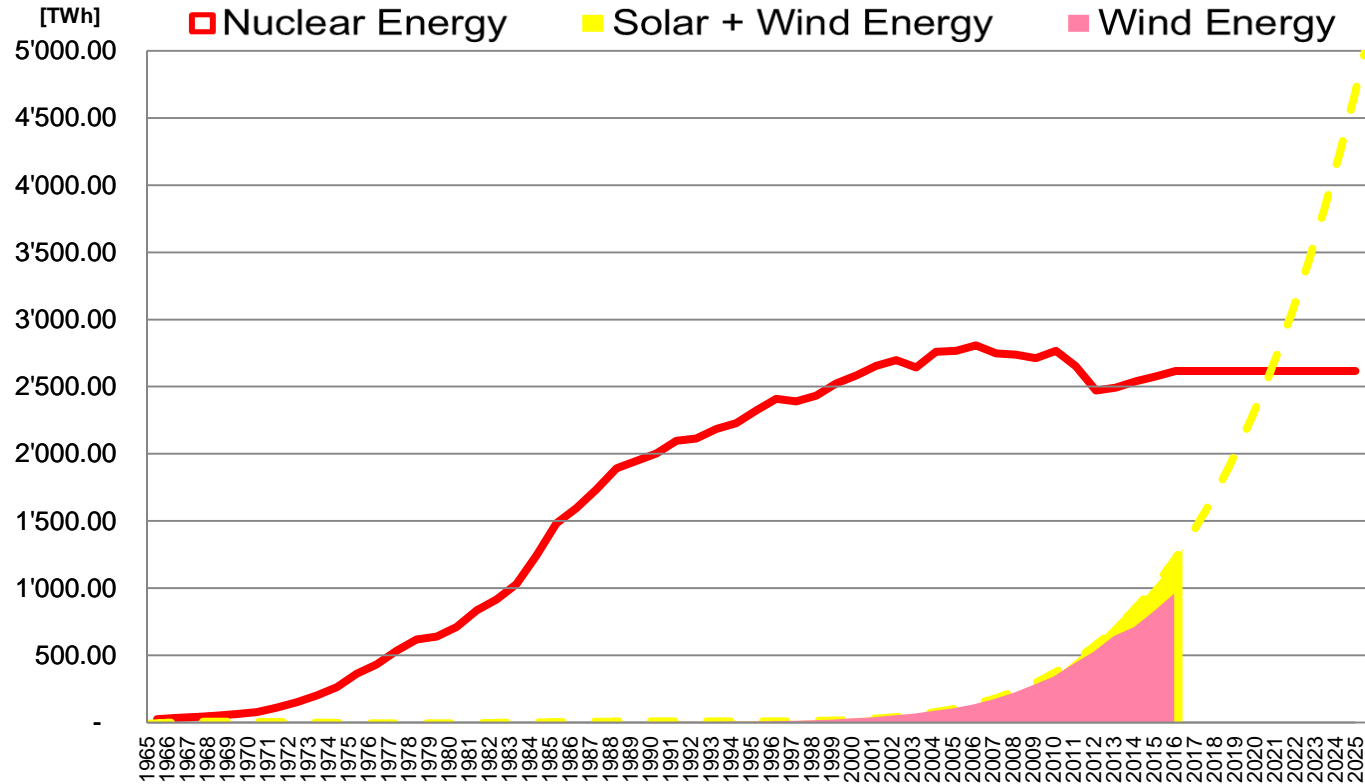
## Produktion:

- früher 2 Rp./kWh, heute 15 Rp./kWh

## Entsorgung Schweiz:

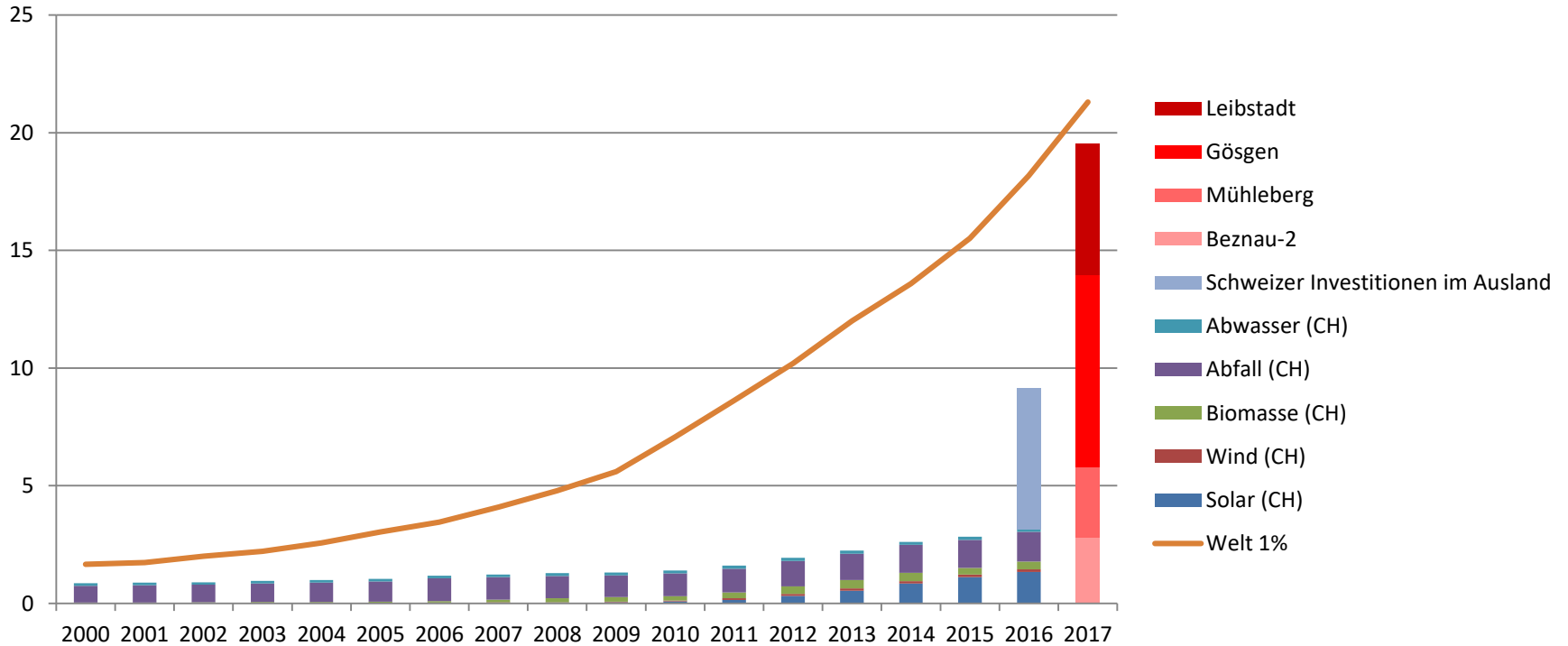
- Kassabestand (2016) 6 Mia CHF
  - Entsorgung (BFE, 2006) 18 Mia
  - Entsorgung (BFE, 2014) 25 Mia
  - Entsorgung (BFE, 2016) 27 Mia
  - Entsorgung Gunzinger 50 Mia
- 
- **Grösstes finanzielles Desaster in der Geschichte der Schweiz**
  - **Alle nuklearen Anlagen (AKW's, Zwiilag, nagra) in swiss nuclear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

# BP: Nuklear, Solar und Wind



# Neue erneuerbare Energien in der Schweiz

## CH: 1% des Welt-BIP



# Die Welt in 5 Jahren...

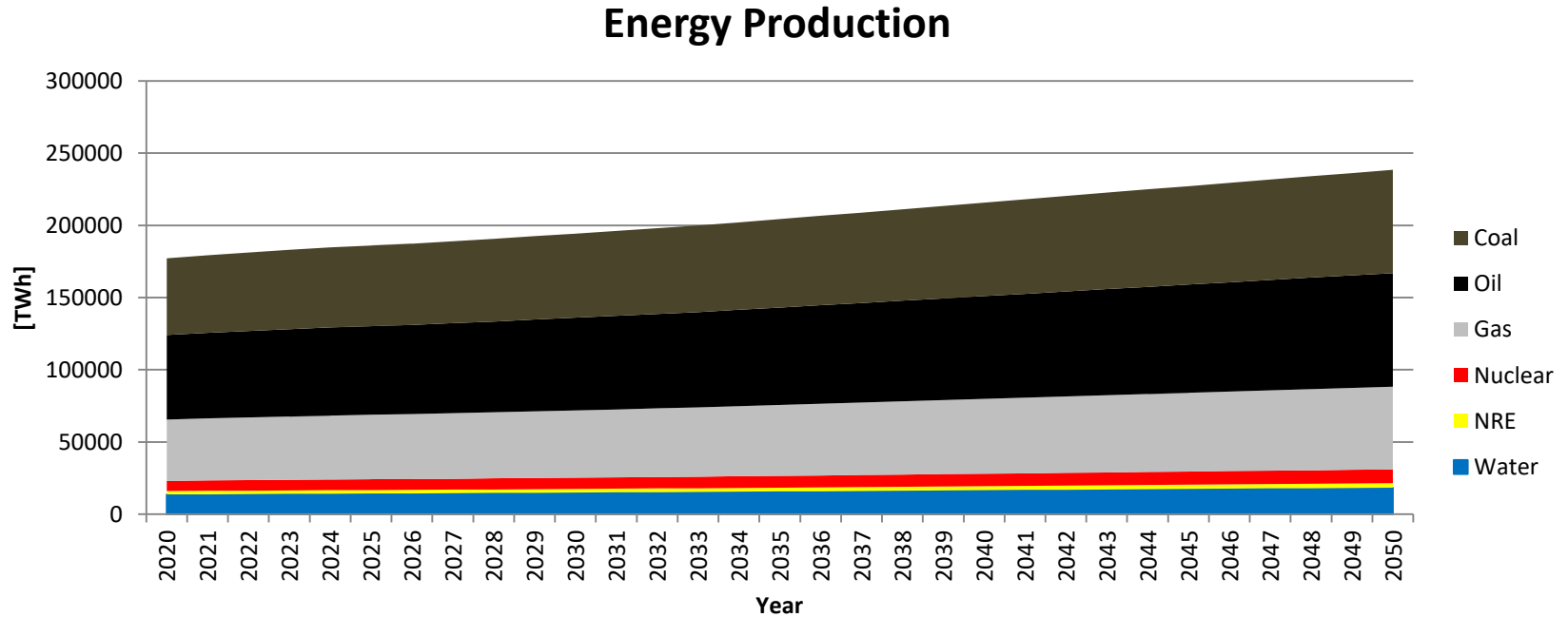
- **Kosten Solarenergie CH:** **5.5 Rp./kWh**  
(1000 CHF/ kWp, 1000h/a, 1% Zins, 1% Unterhalt, 25 Jahre Amortisation)
- **Kosten Solarenergie USA:** **2.75 c /kWh**  
(500 \$/ kWp, 1000h/a, 1% Zins, 1% Unterhalt, 25 Jahre Amortisation)
- **Grenzkosten Solarenergie CH:** **1.0 Rp./kWh**  
(1000 CHF/ 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:** **40 c /l**  
(50\$/Barrel, 159 l/ Barrel,  $\eta = 80\%$ )
- **Kosten Öl:** **4.0 c /kWh**  
(50\$/Barrel, 159 l/ Barrel,  $\eta = 80\%$ , 1 l Öl  $\approx$  10 kWh)
- **Achtung: elektrische Energie ist viel wertvoller als Öl-Energie (mindestens Faktor 4)**

# Was ist möglich?

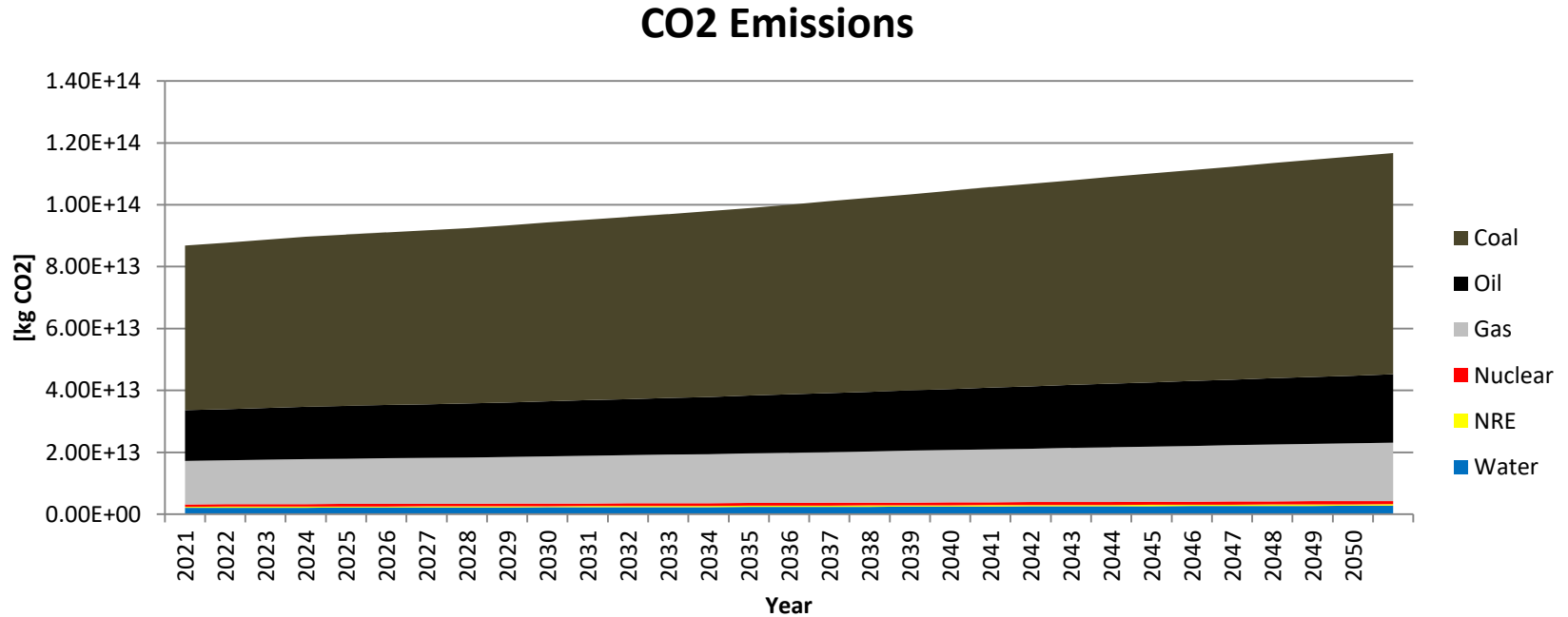
- **Grundlage Energiebedarf Welt: Amerikanische Energiebehörde**
- **Ziel: Temperatur Anstieg maximal 2°C**  
→ **Maximaler Ausstoss CO<sub>2</sub> auf 900 Gt bis 2050 beschränkt (Reto Knuti, ETHZ)**
- **Szenario A:**
  - Weiter wie bisher
- **Szenario B:**
  - Zunahme Zubau NEE (neue Erneuerbare Energien) 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?**



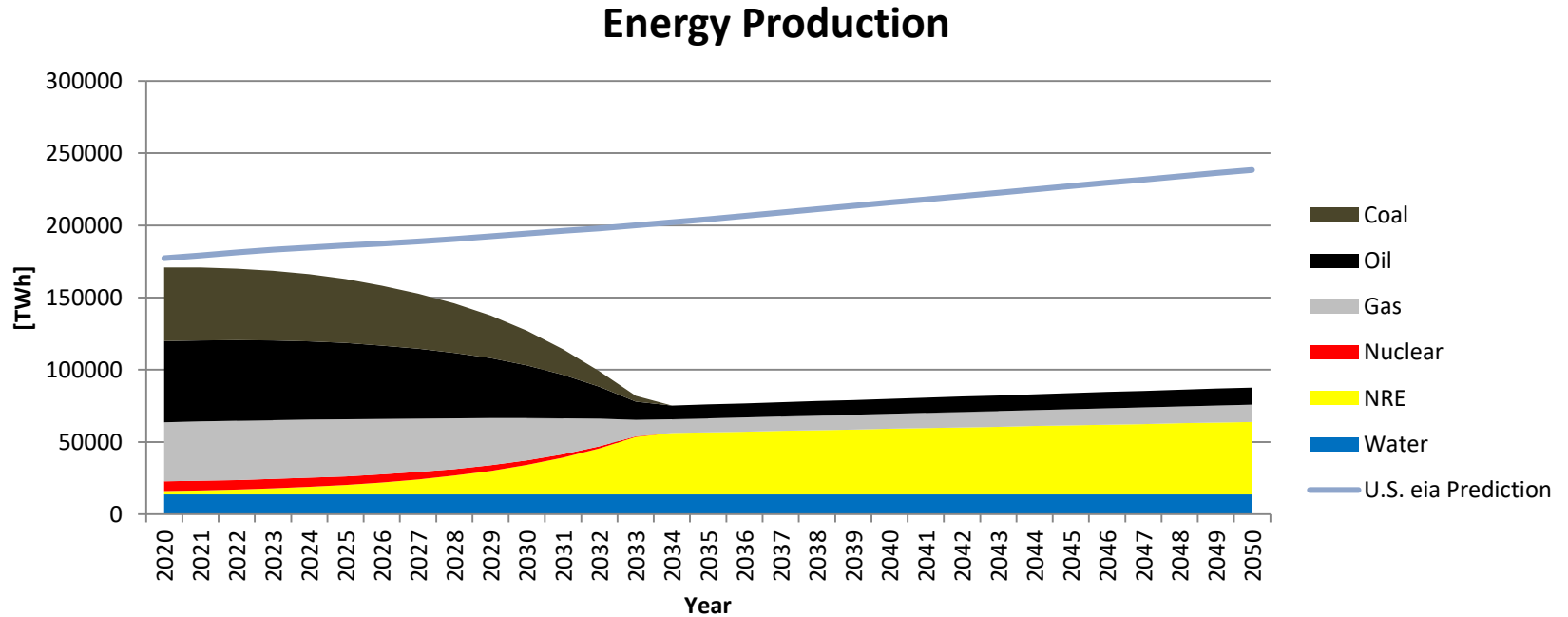
# Reference Scenario A: Energy Production



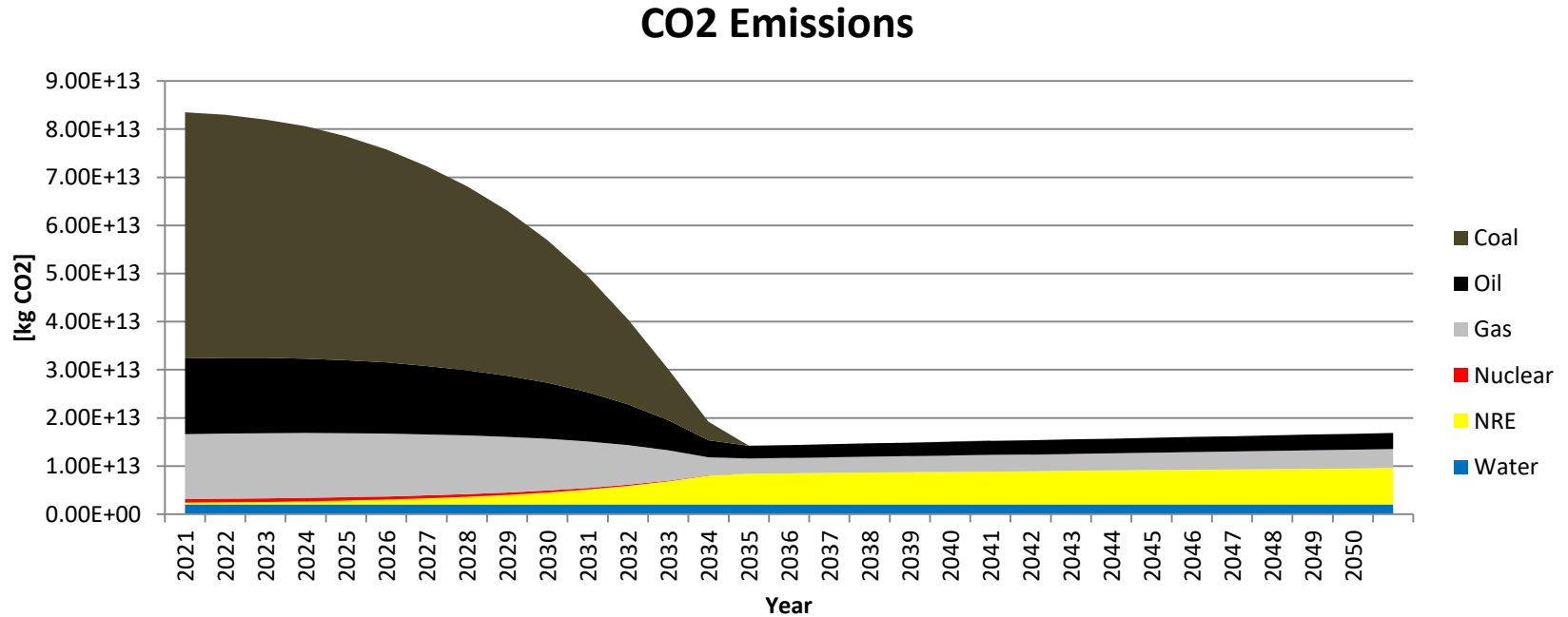
# Reference Scenario A: CO<sub>2</sub> Emissions



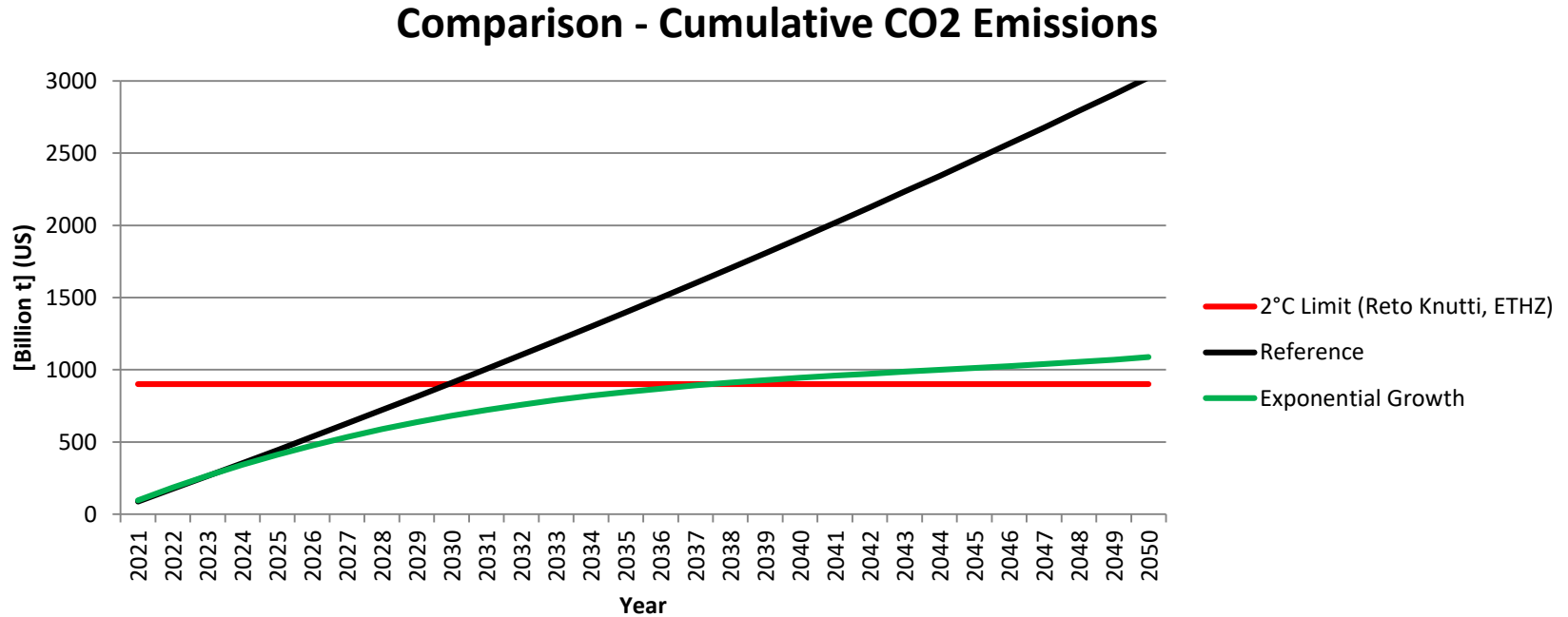
# Scenario B: NRE – Energy Production



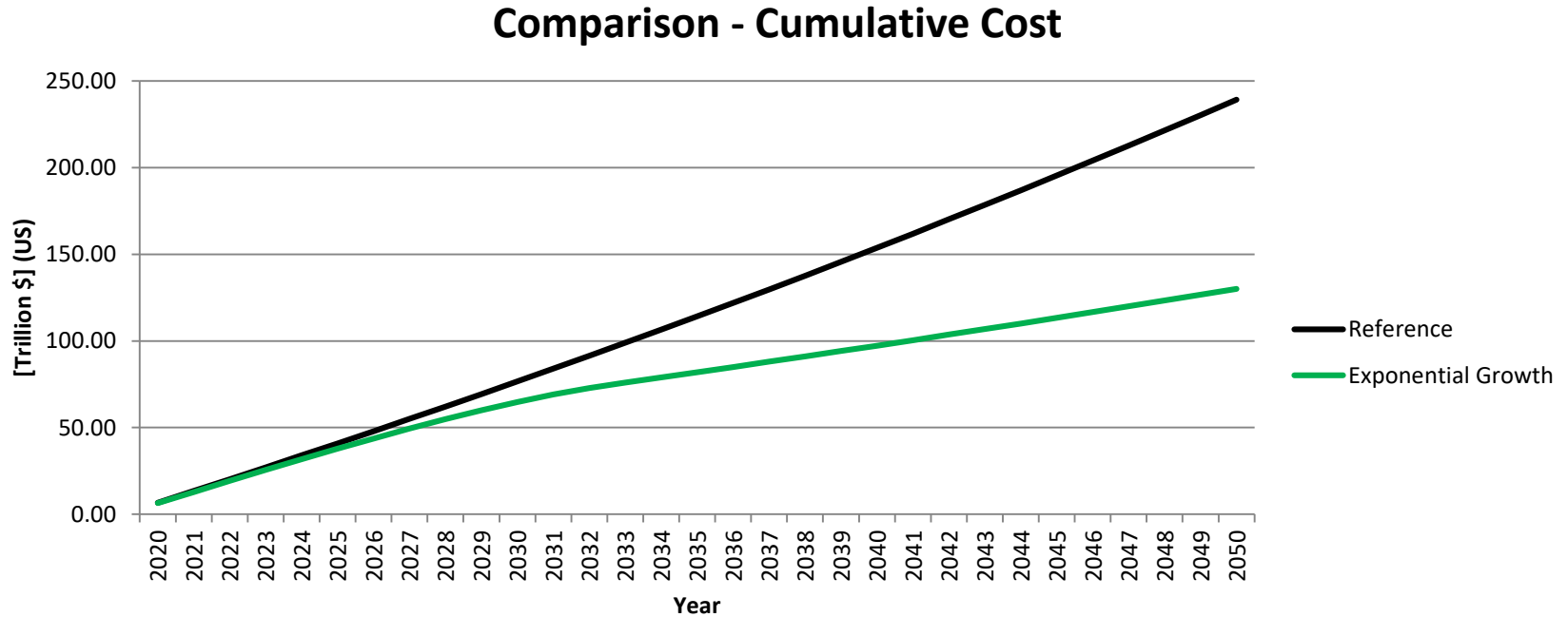
# Scenario B: NRE CO<sub>2</sub> Emissions



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



# Comparison – Cumulative Cost



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

**Vision meets reality.**