Energiewende mit Zukunft

Öffentlicher Vortrag von Prof. Dr. Anton Gunzinger

UFFER

ewz

ibw Höhere Fachschule Südostschweiz

Energiestadt
cumegns cun energeia
Ela

ela
Parc Ela
graubünden

Kraftwerk Schweiz:
Plädoyer für eine Energiewende mit Zukunft

Savognin, 1. April 2019

Prof. Dr. Anton Gunzinger

Unternehmer

gunzinger@scs.ch

Für die nächste Generation
Für die Schweiz
Persönliche Meinung als Unternehmer
www.srf.ch/news/wirtschaft/anton-gunzinger-ich-rationalisiere-mich-weg

Design Grundsätze

- Zeithorizont: > 1 Generation (> 25 Jahre)

- Technisch machbar
- Vergleichbarer Wohlstand
- Geringe volkswirtschaftliche Kosten

- ~~Politisch machbar~~
- ~~Geringe betriebswirtschaftliche Kosten~~

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

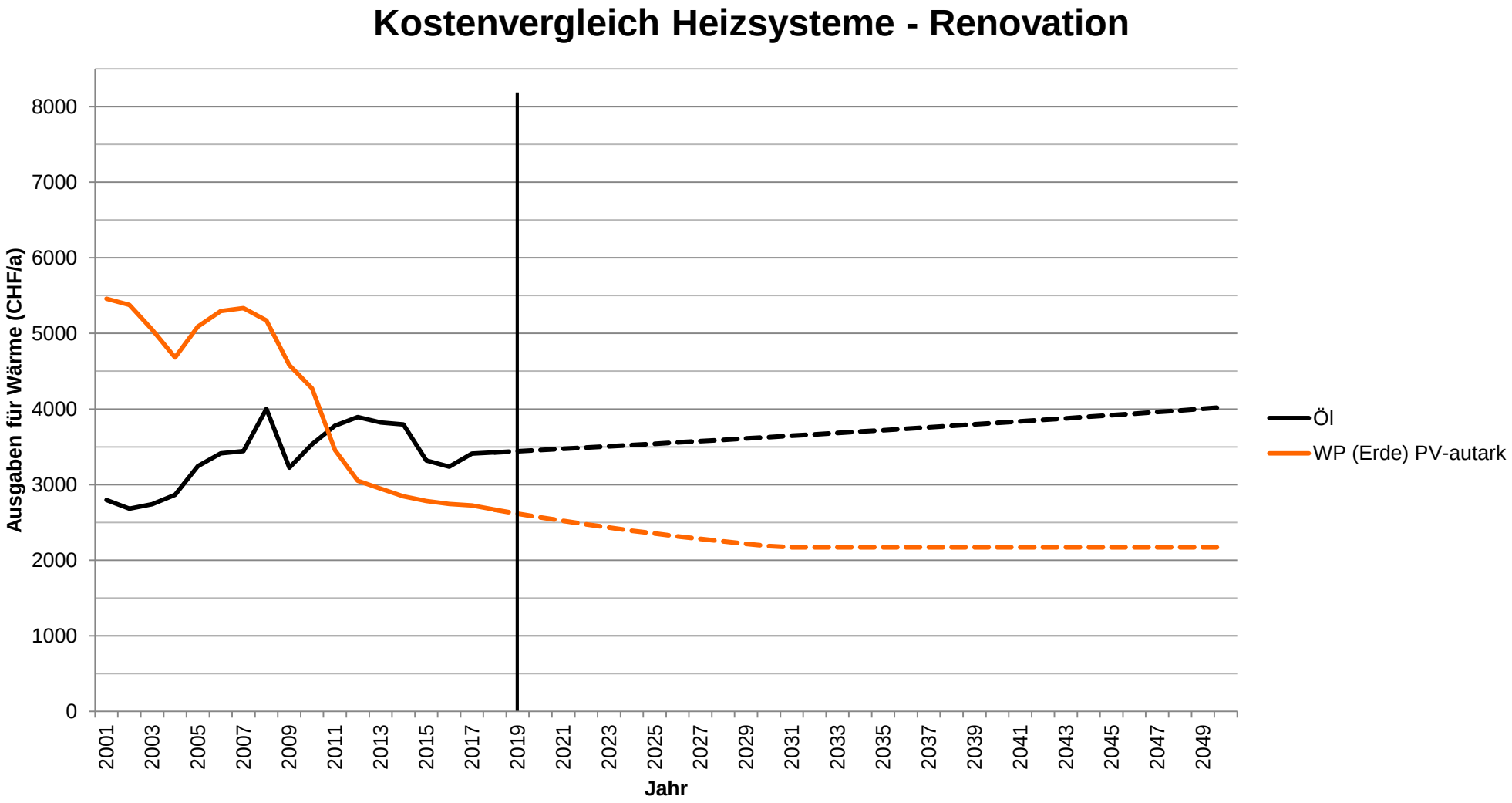
Wärme

- Verbesserung der Wärmedämmung von
  22 l (1970) auf 3.6 l Öl pro m^2 & 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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Heizkosten (Vollkosten) für ein typisches Schweizer Einfamilienhaus



Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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^2**
- **Flächenverbrauch Auto: 900 km^2 Strasse nur zu 2.9% genutzt**

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Mobilität: Verhaltensänderung Suffizienz

- **Strecken < 1 km: zu Fuss**
  (~ 50% aller Fahrten, 10% Strecke)

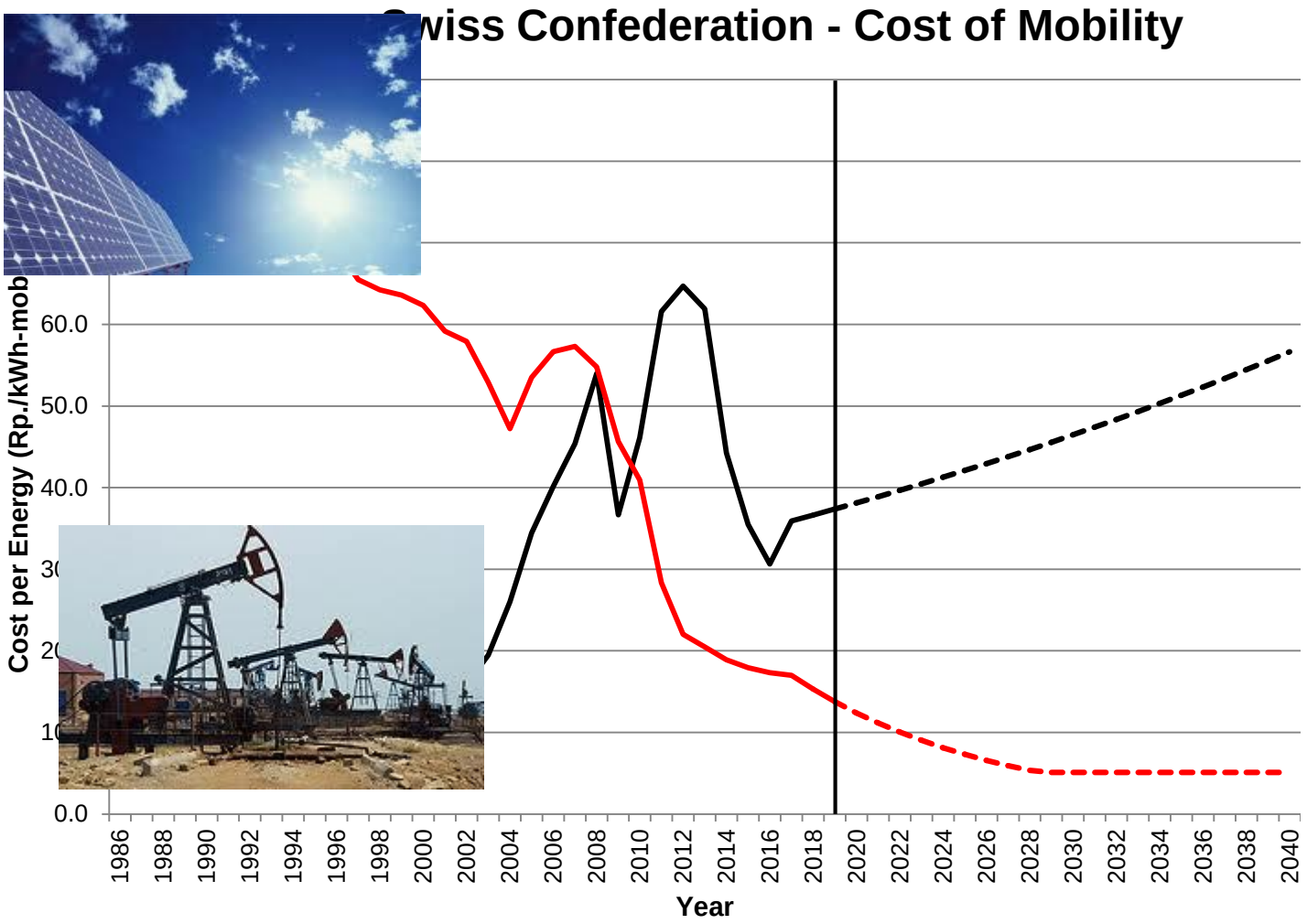
- **Strecken < 5 km: (E-) Bike**
  (~ 85% aller Fahrten, 46.3% Strecke)

- **Rest: Mehrere Menschen im (leichten) Elektrofahrzeug**

Totale Einsparung Energie Faktor 2

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Energie Kosten: Öl versus Elektrisch/Solar

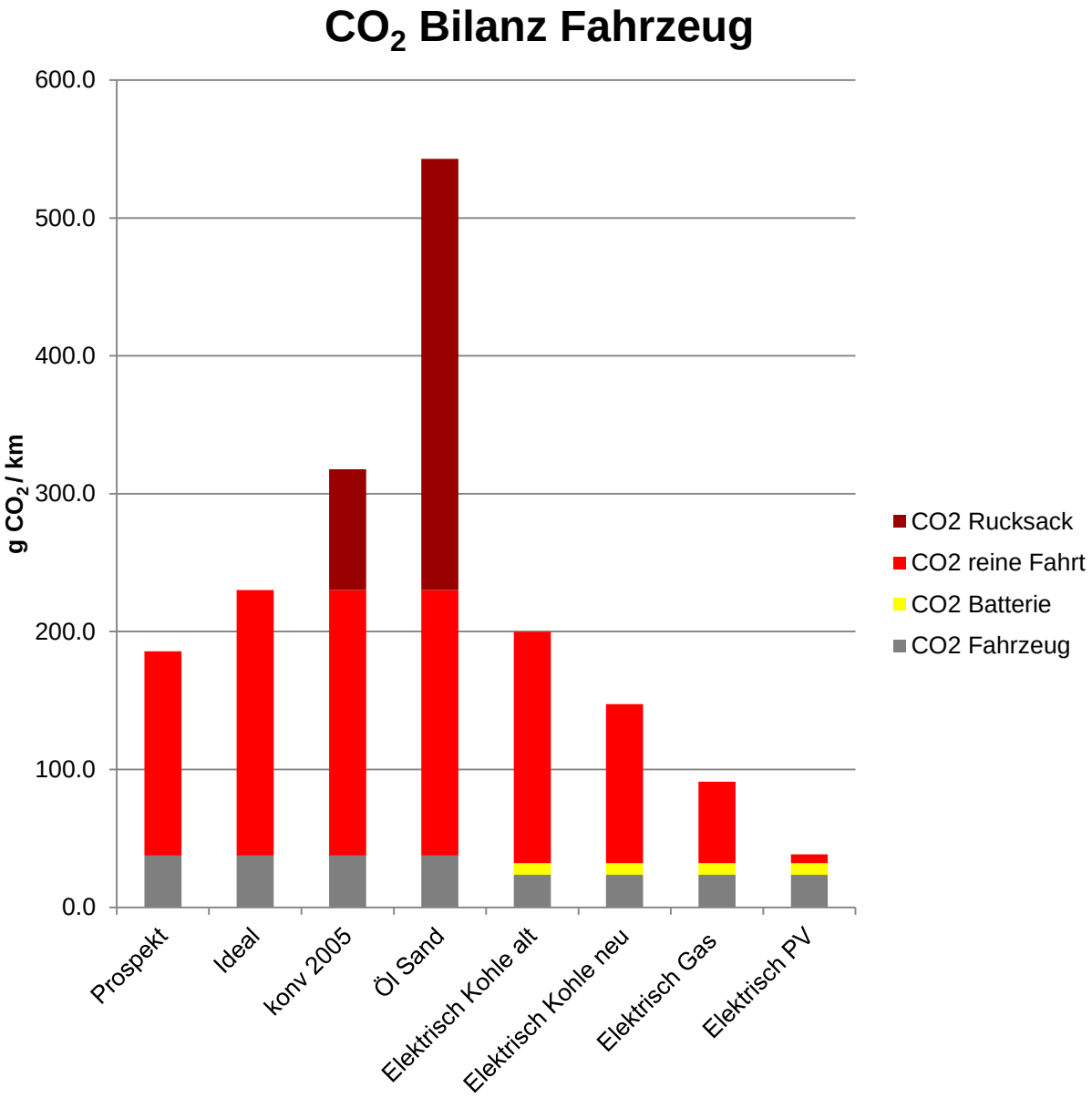


CO_2 Emissionen [g/km]
Broschüre: 148
Realität: 280
Fracking: 309

CO_2 Emissionen [g/km]
Realität: 6

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

CO_2 Emissionen eines Durchschnittautos (1400 kg)



Elektrisch fahren produziert 8 Mal weniger CO_2.

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

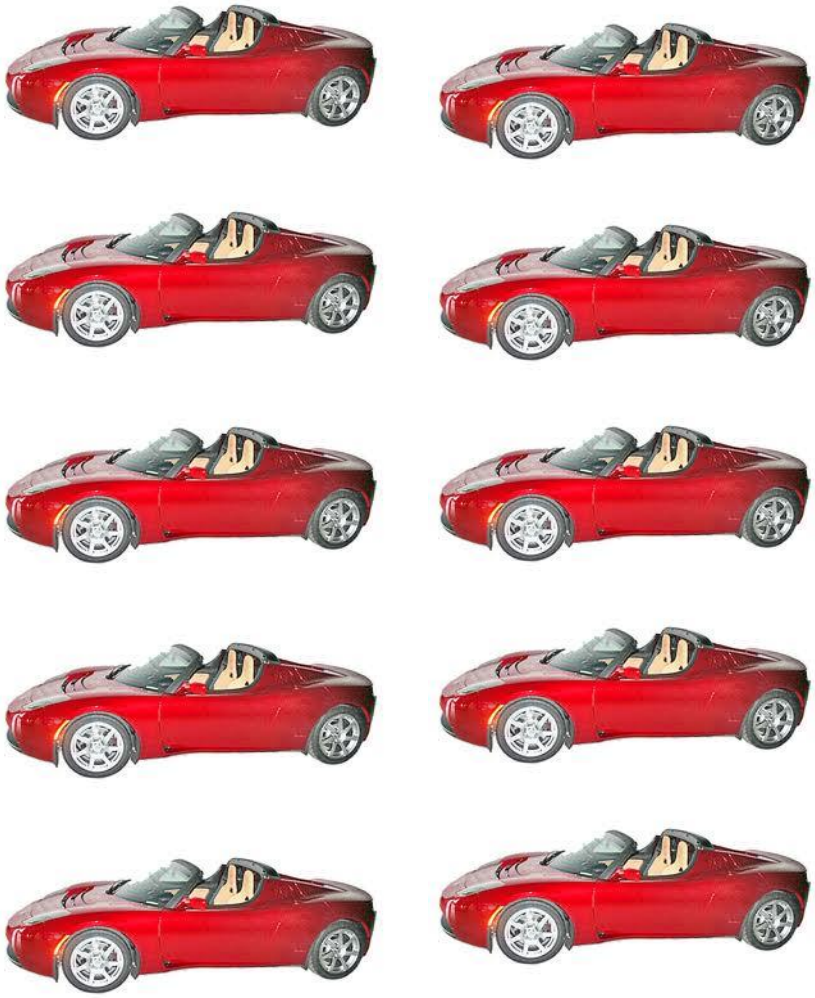
Fahren mit Strom ist hocheffizient

		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
Verbrauch	[kWh/100 km] [l/100km]	14 1.6	110 12

Elektrisch Fahren benötigt
6 – 8 mal weniger Energie.

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Wo kommt der Strom für die Elektromobilität her?



- 133 m^2, 21 kWp
- 1100 h Sonne/Jahr
- 23’100 kWh/a
- **Wie viele Elektromobile können damit versorgt werden?**

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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**

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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)
Produktion morgen?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

- Grösstes finanzielles Desaster in der Geschichte der Schweiz
- Alle nuklearen Anlagen (AKW's, Zwilag, nagra) in swiss nuclear AG zusammen legen («Bad Bank»), sonst gehen Stromkonzerne in Konkurs
- Am Ende bezahlen die Steuerzahler

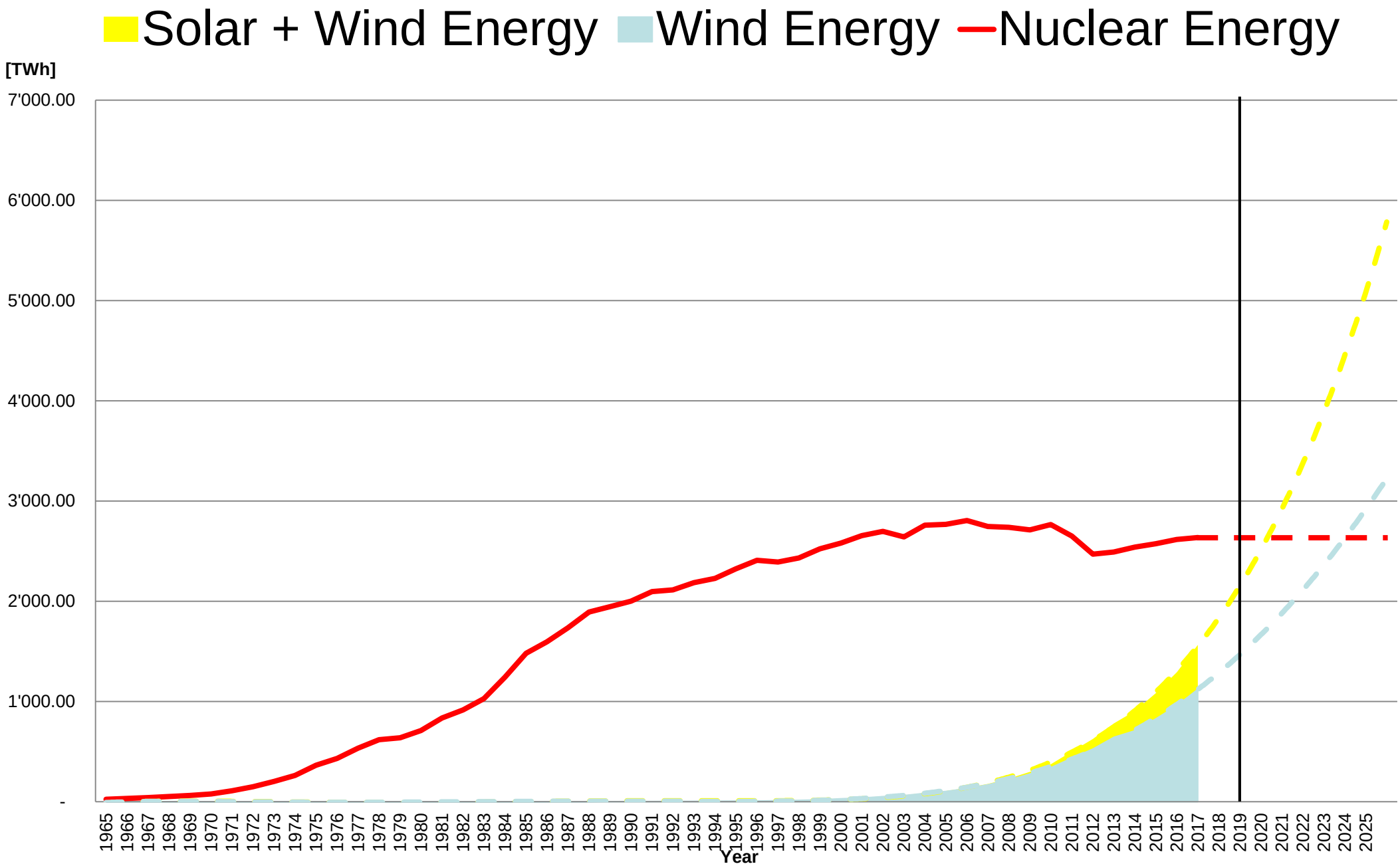
Zürich 02.04.2019 © by Supercomputing Systems AG

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**

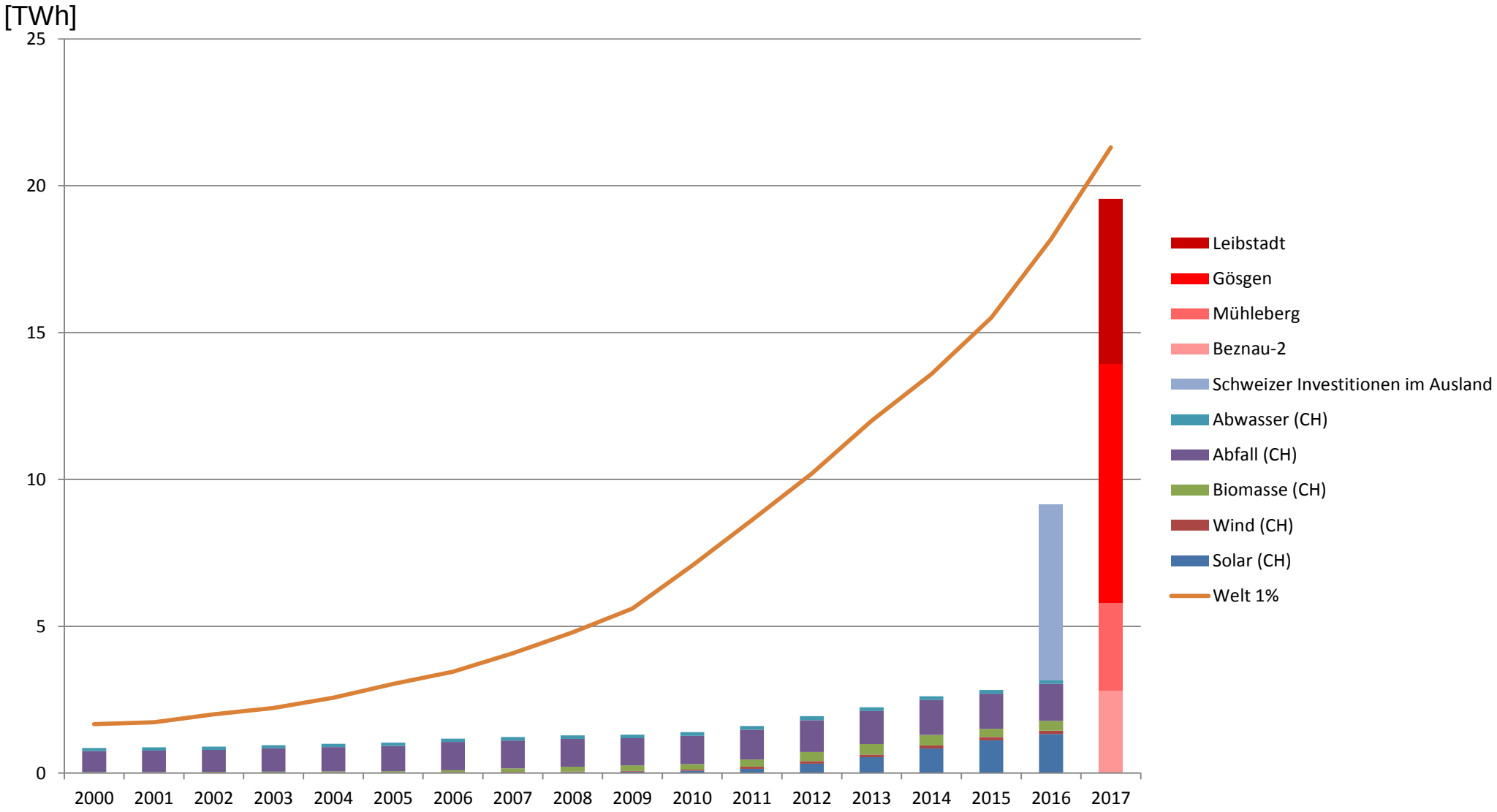
Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

BP Nuclear, Wind and Solar Energy Comparison



Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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



Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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_2-frei) CH: 7.9 Rp./kWh**

- **Achtung: elektrische Energie ist viel wertvoller als Öl-Energie (mindestens Faktor 4)**

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

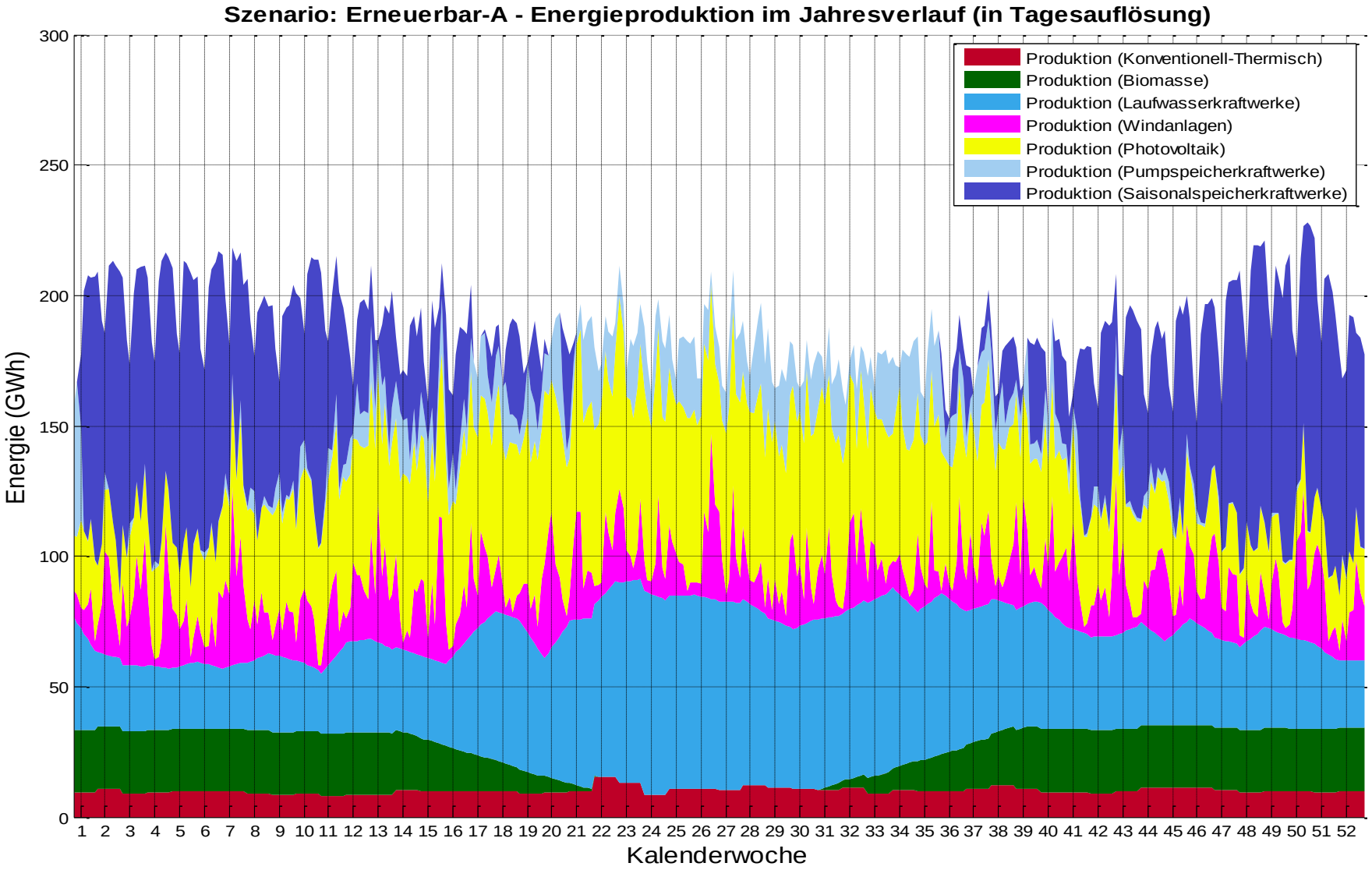
«Es ist nicht möglich, dass Photovoltaik und Wind die Kernenergie ersetzen können. Wir verkünden und begründen das immer wieder. Beide erzeugen unzuverlässigen Flatterstrom, der vor allem dann verfügbar ist, wenn man ihn nicht braucht.»

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»

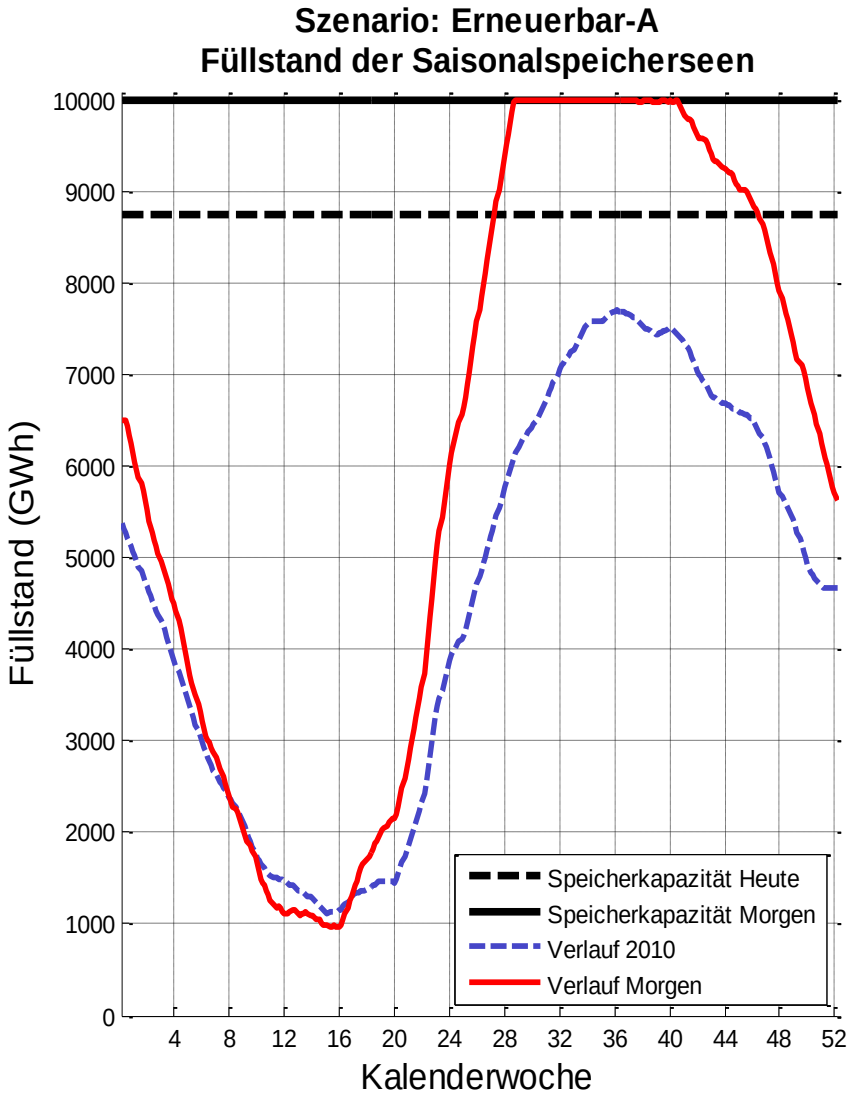
Solar, Wind und Biomasse: Jahresverlauf der Energie



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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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:	0.3TWh

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

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

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

Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Kraftwerk Schweiz: Ist die Energiewende möglich und was würde sie kosten?

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?**

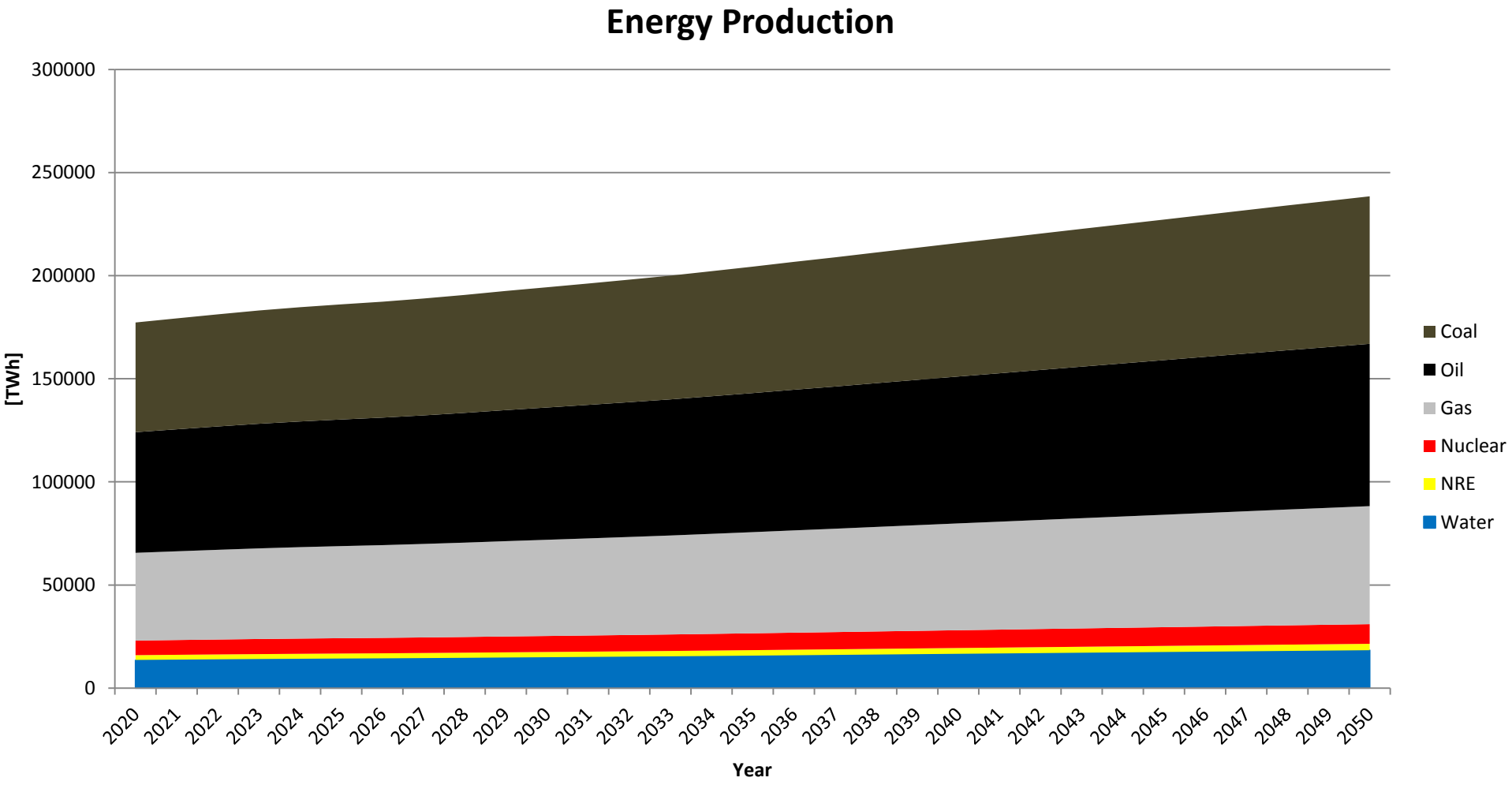
Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Was ist weltweit möglich?

- **Grundlage Energiebedarf Welt: Amerikanische Energiebehörde**
- **Ziel: Temperatur Anstieg maximal 2ºC**
  → Maximaler Ausstoss CO_2 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_2 Entwicklung?**
- **Kostenentwicklung?**

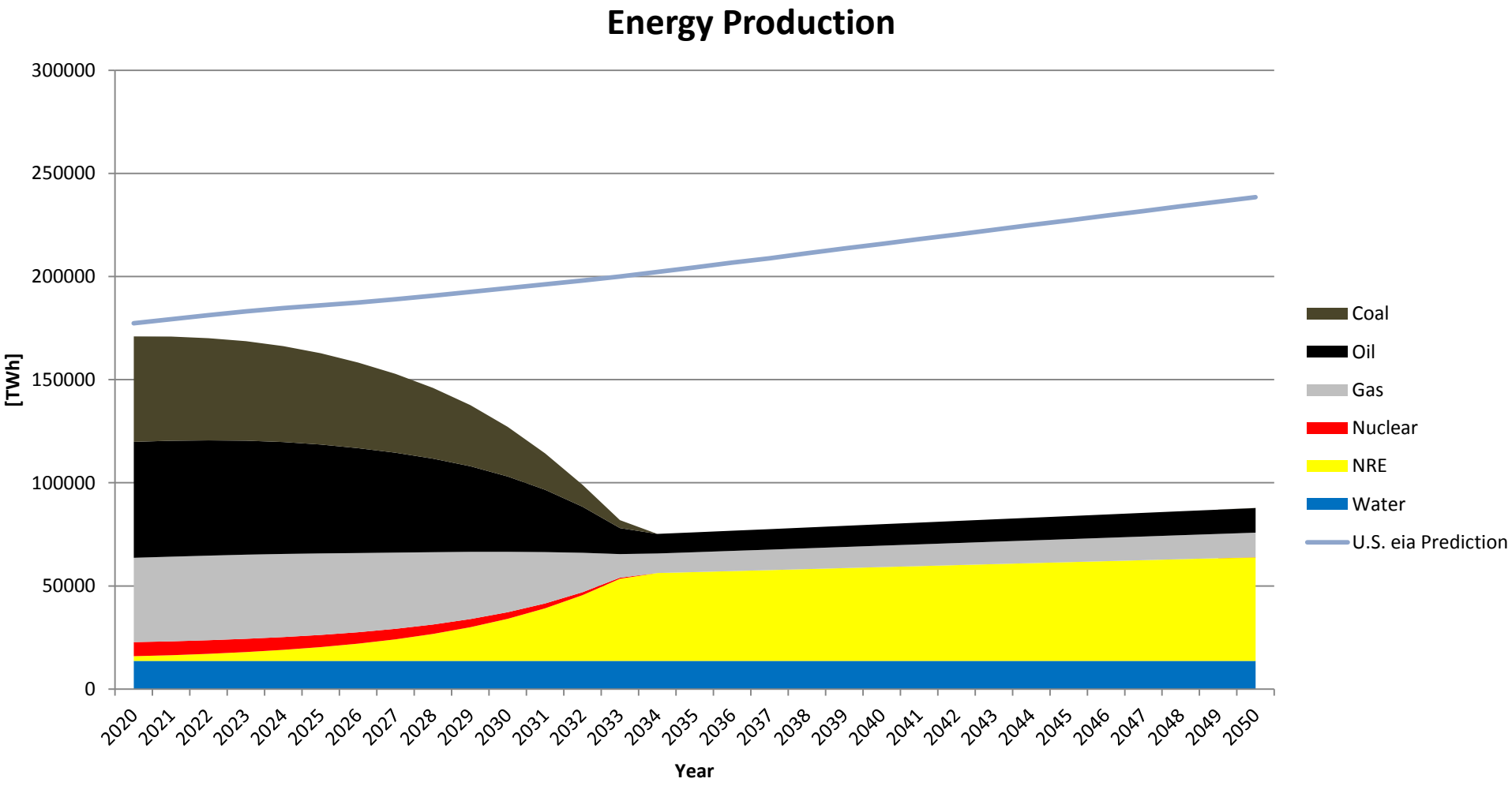
Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Reference Scenario A: Energy Production



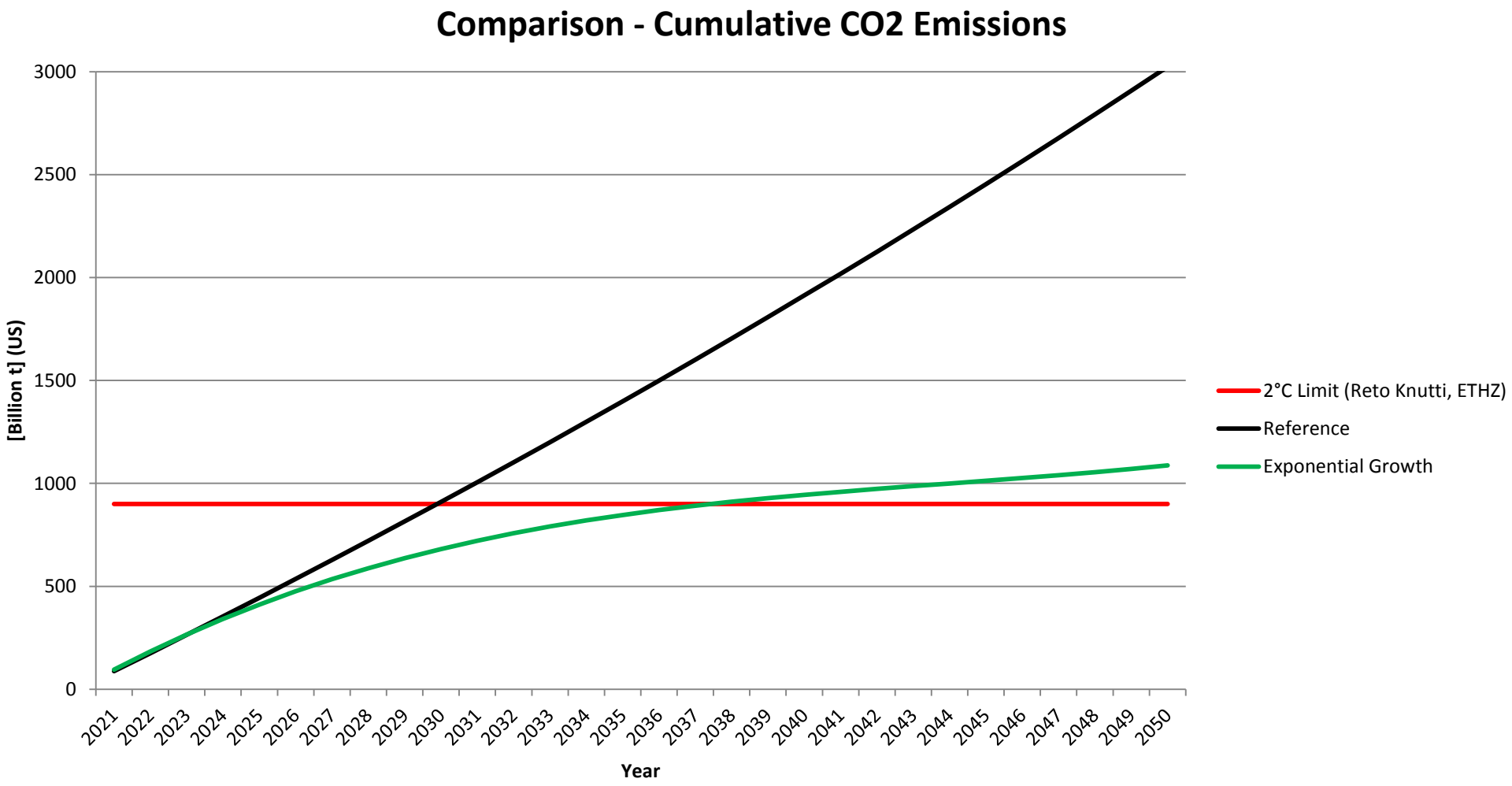
Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Scenario B: NRE – Energy Production



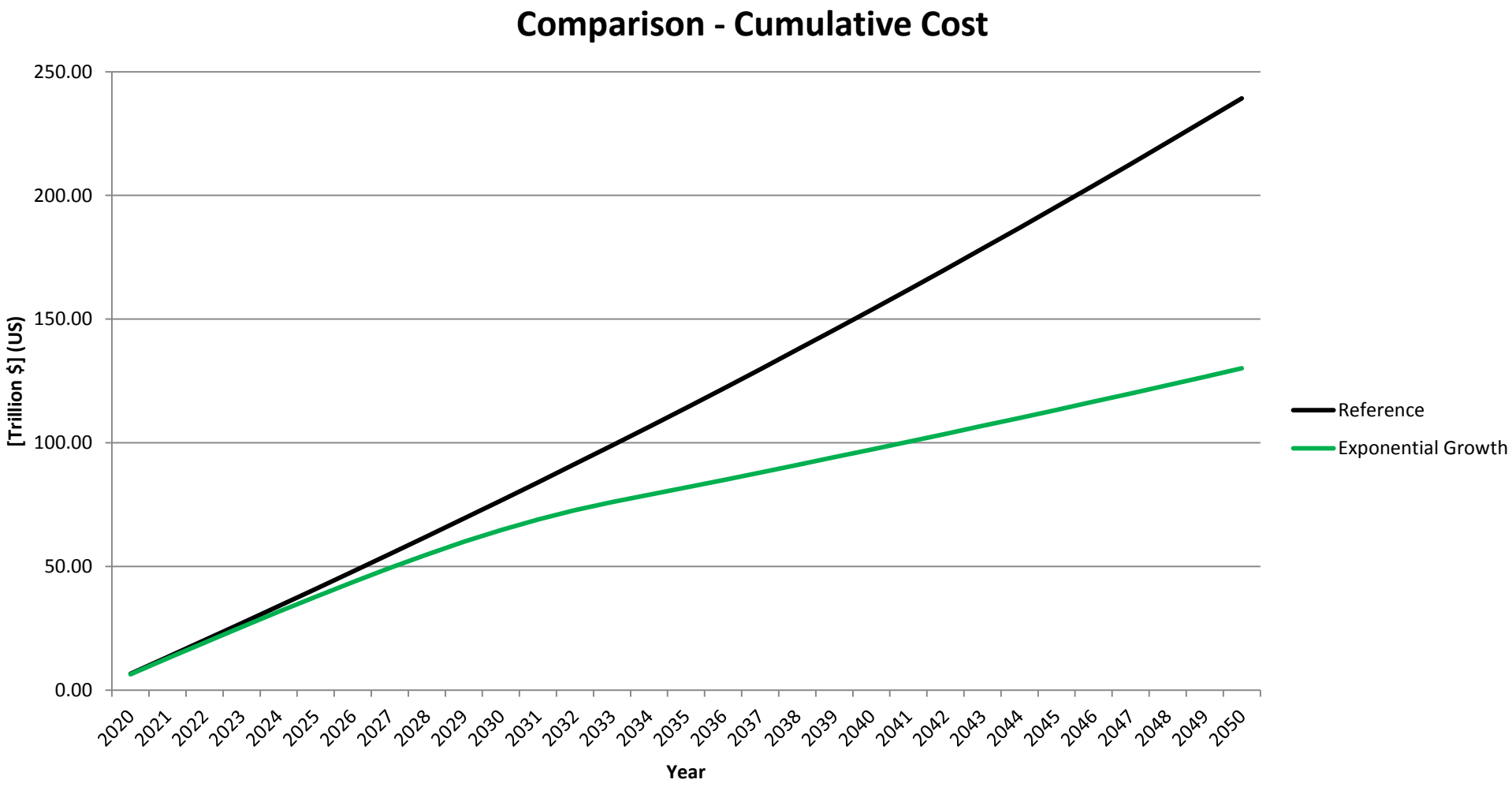
Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Comparison – Cumulative CO_2 Emissions



Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

Comparison – Cumulative Cost



Zürich 02.04.2019 © **by Supercomputing Systems AG**

… wir können es finanzieren
…das Geld bleibt hier
… und es macht Spass

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Vision meets reality.