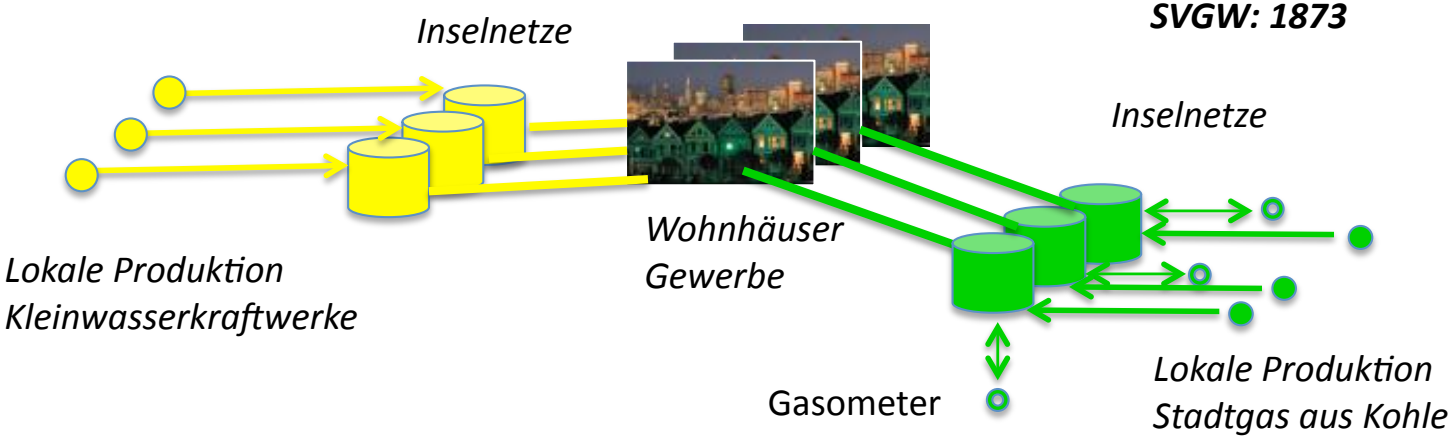
„Netze für die Zukunft“

Dr. Anton Kilchmann

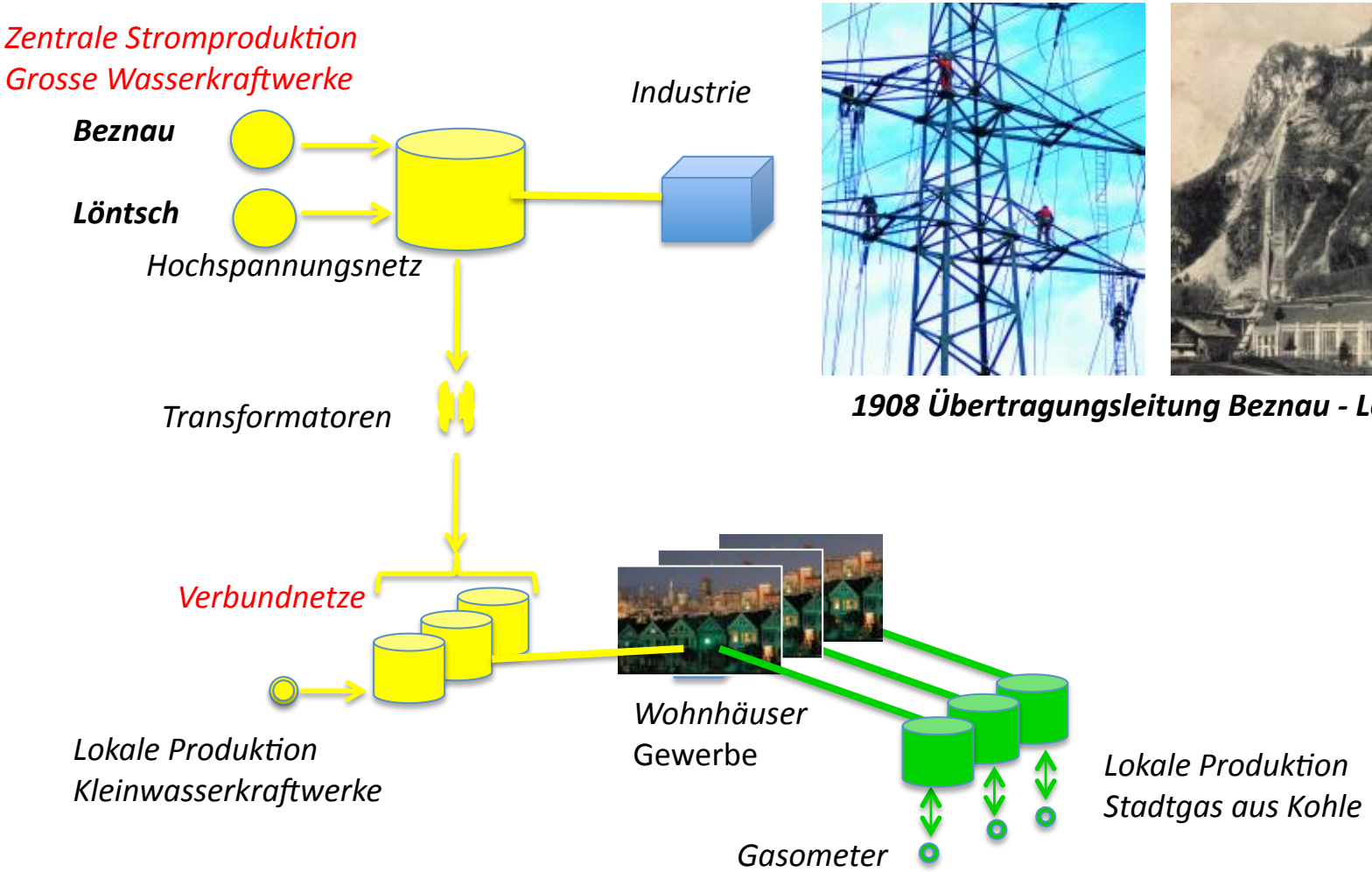
«Wer die Vergangenheit nicht kennt – versteht die Gegenwart nicht»

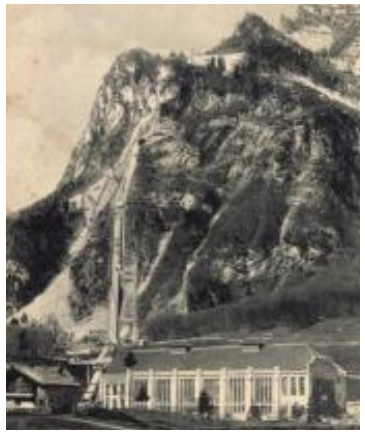
Erste Stromversorgung eines Hotels: St. Moritz 1875

Erstes Gaswerk: Bern 1843
SVGW: 1873

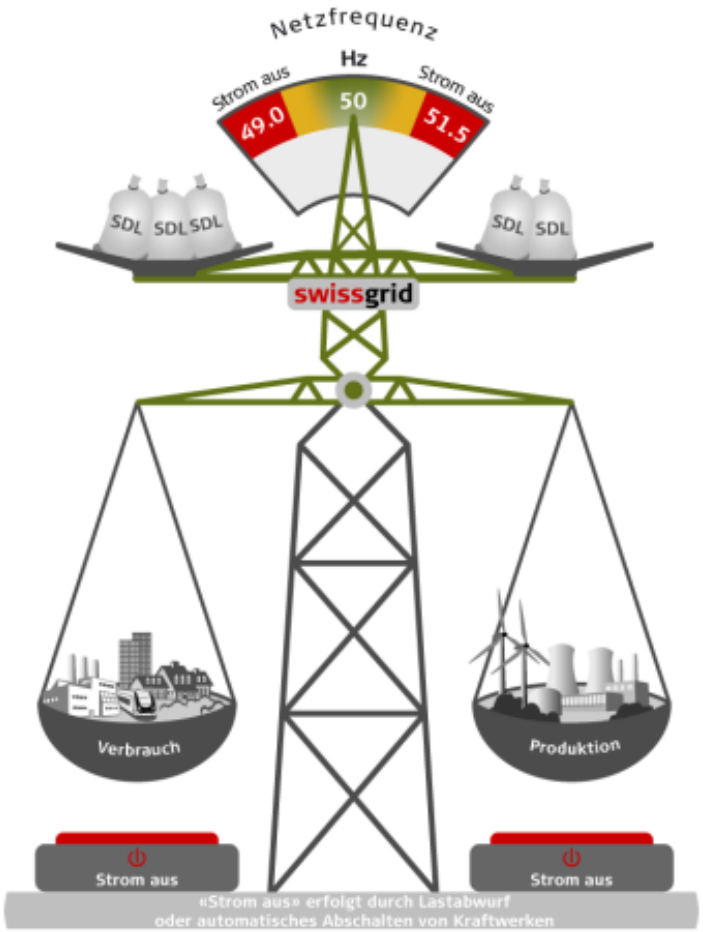


1918 Schweizerische Kraftübertragungs AG
1919 Energie de l'Ouest (EOS)





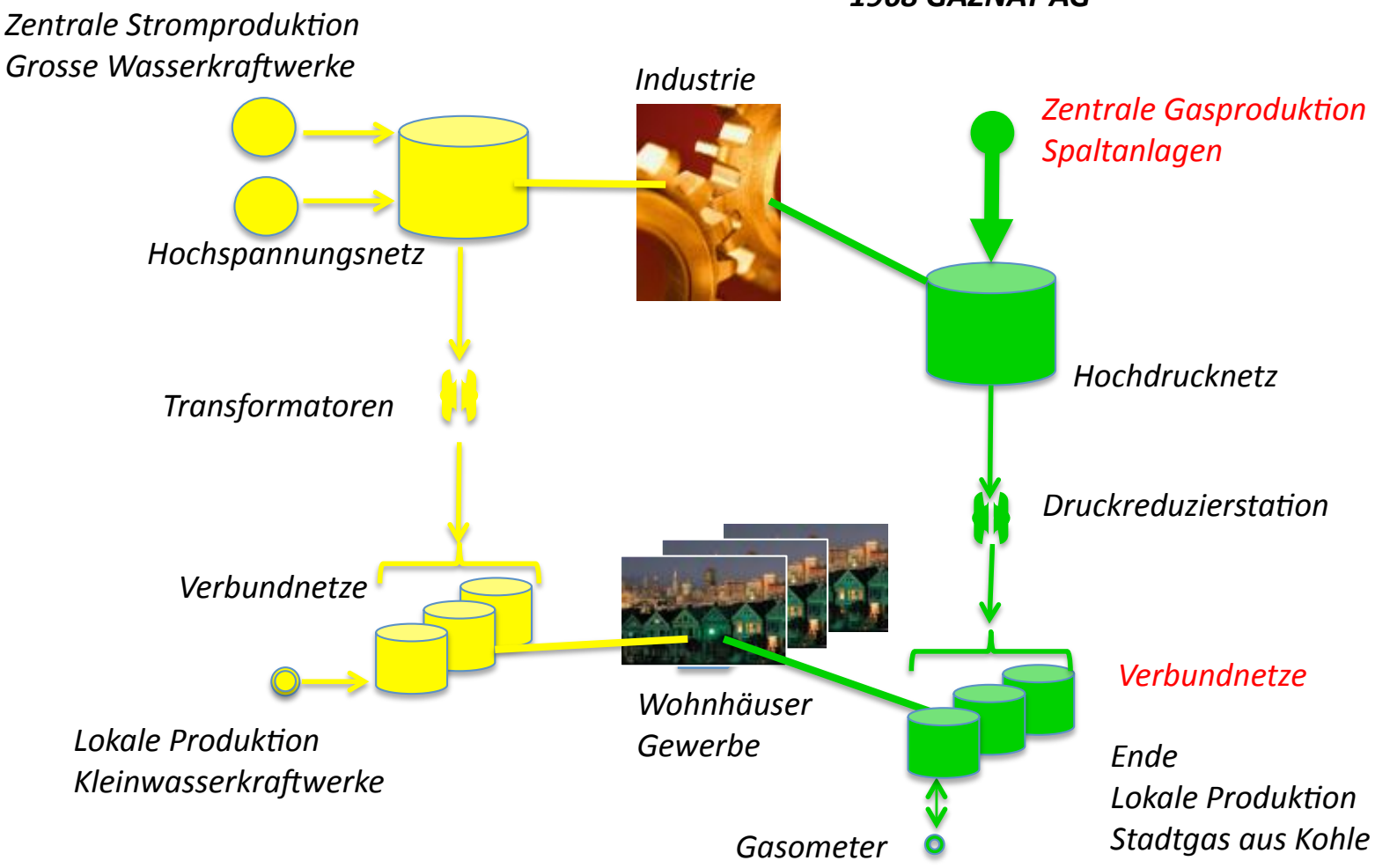
1908 Übertragungsleitung Beznau - Löntsch



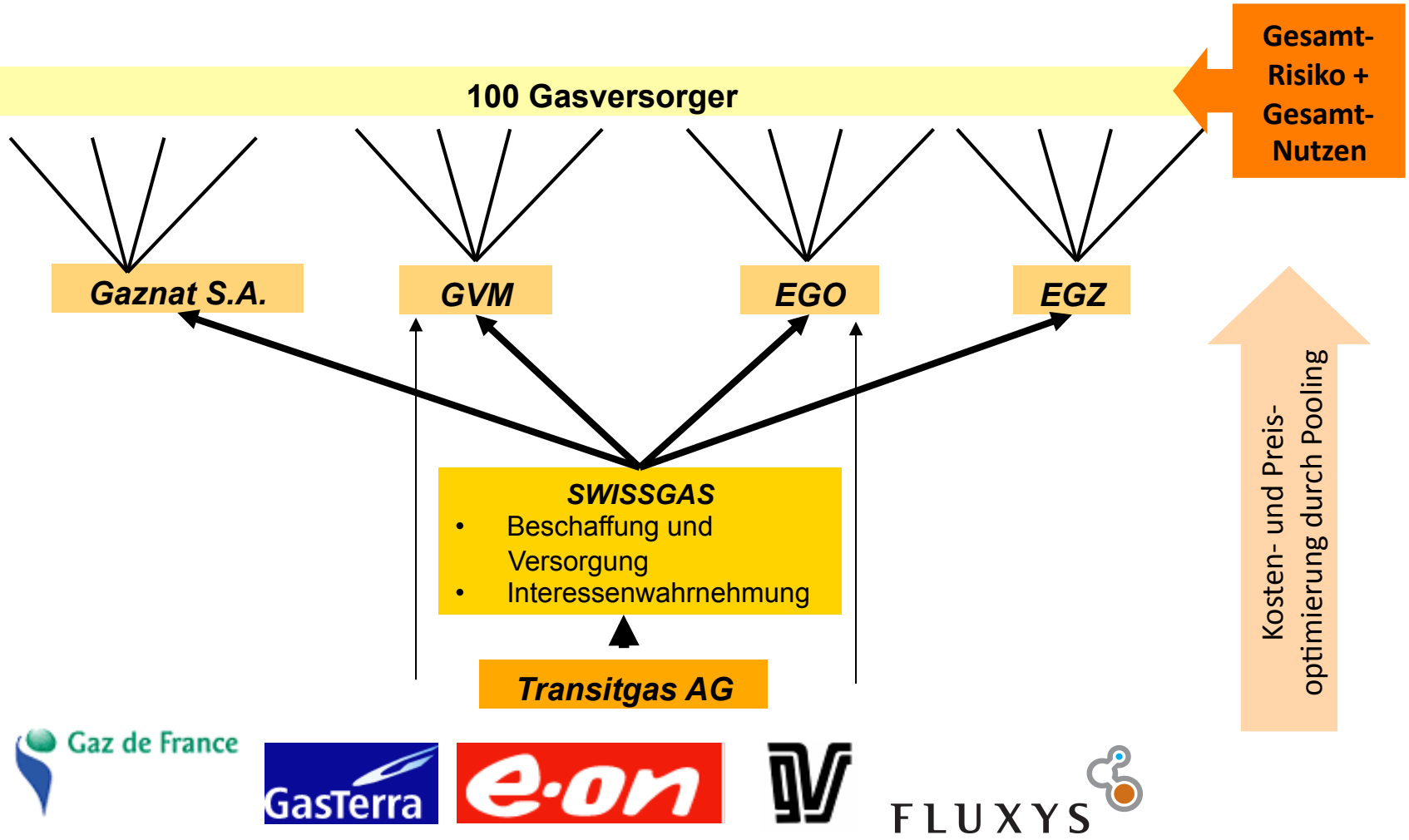
Frequenzhaltung	
Primärregelleistung	+/- 66 MW
Sekundärregelleistung	+/- 400 MW
Tertiärregelleistung positiv	+ 450 MW
Tertiärregelleistung negativ	- 390 MW
Regelenergiemenge pro Jahr	ca. 950 GWh
Spannungshaltung	
Blindenergie pro Jahr	ca. 6 Tvarh
Verlustenergie pro Jahr	ca. 860 GWh
Schwarzstartfähige Kraftwerke	
am Übertragungsnetz	9 Stk

(Quelle: SwissGrid , Andreas John, Vortrag 21. März 2013 Bern)

1964 Gasverbund Mittelland AG (GVM)
1966 Gasverbund Ostschweiz AG) (EGO)
1968 GAZNAT AG

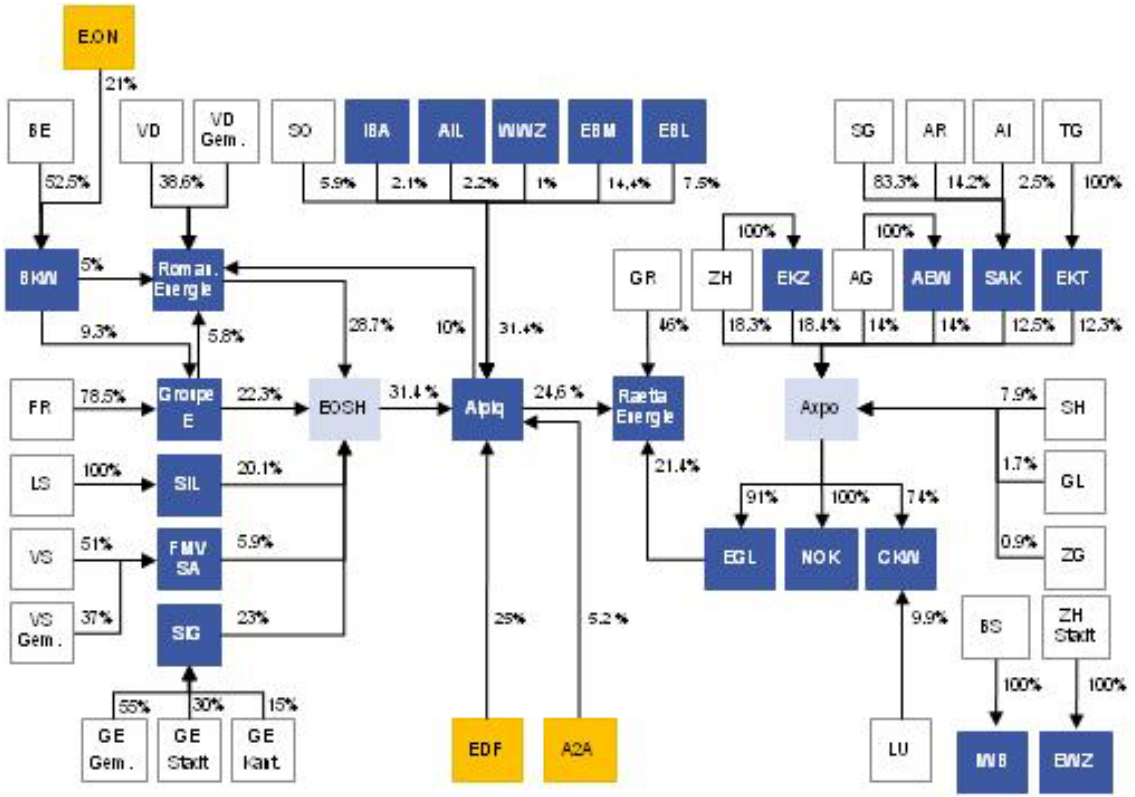


Struktur der Schweizer Gaswirtschaft (2012)



(Quelle: SVGW 2012))

Verflechtung in der Schweizer Elektrizitätswirtschaft: Besitzverhältnisse (2010)



Versorgungsunternehmen
Kantone, Gemeinden

Ausländische Unternehmen,
Holding, Finanzgesellschaft

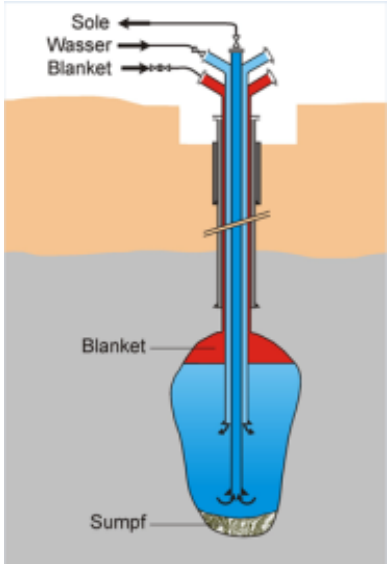
(Quelle: Aven ir Suisse 2010))

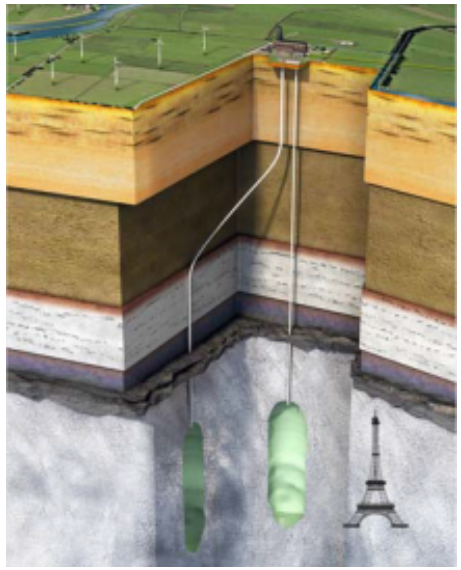
Übertragungsleitung
380 kV
2’000 MW

Hochdruckleitung
800 mm64 bar
20’000 MW

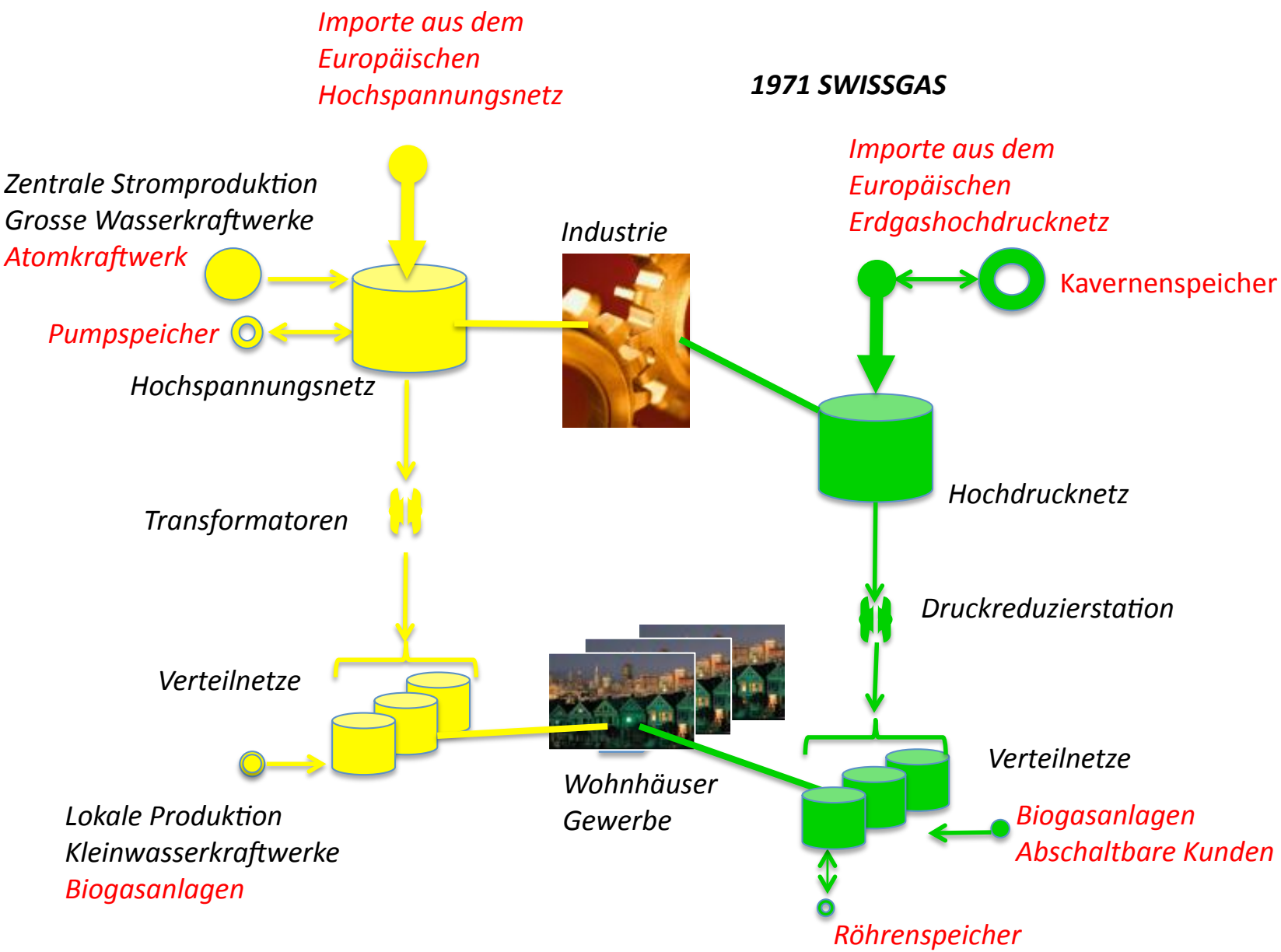
Atomkraftwerk
1’000 MW
(CH 3200 MW)

Pumpspeicherkraftwerk
1’000 MW
(CH 6300 MW)
Kapazität
(D 40 GWh)





Kavernenspeicher
Kapazität
(CH 0 GWh)
(D 200’000 GWh)

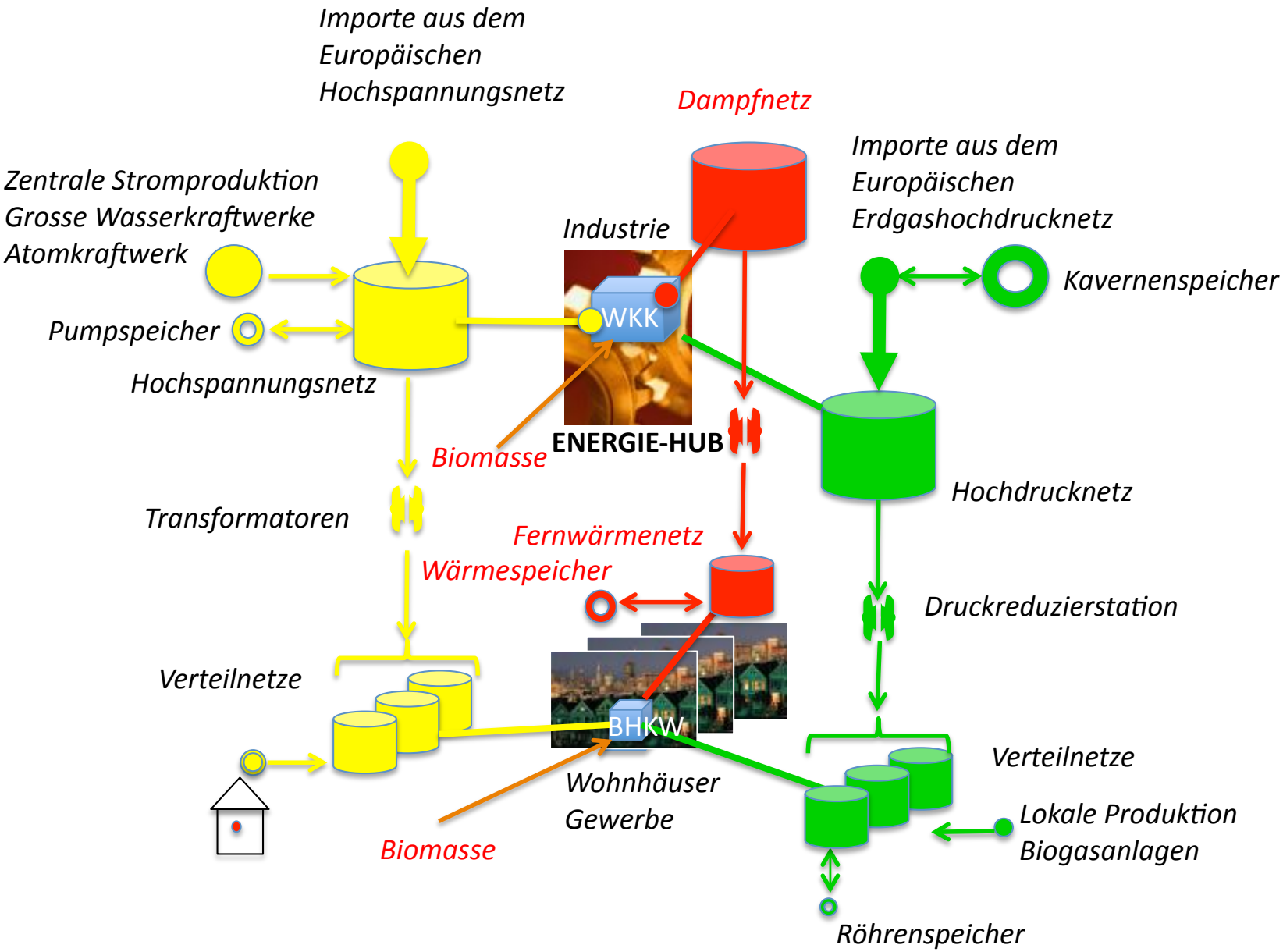

Importe aus dem
Europäischen
Hochspannungsnetz
1971 SWISSGAS
Importe aus dem
Europäischen
Erdgashochdrucknetz
Zentrale Stromproduktion
Grosse Wasserkraftwerke
Atomkraftwerk
Industrie
Kavernenspeicher
Pumpspeicher
Hochspannungsnetz
Hochdrucknetz
Transformatoren
Druckreduzierstation
Verteilnetze
Verteilnetze
Wohnhäuser
Gewerbe
Lokale Produktion
Kleinwasserkraftwerke
Biogasanlagen
Biogasanlagen
Abschaltbare Kunden
Röhrenspeicher

Biogasanlage

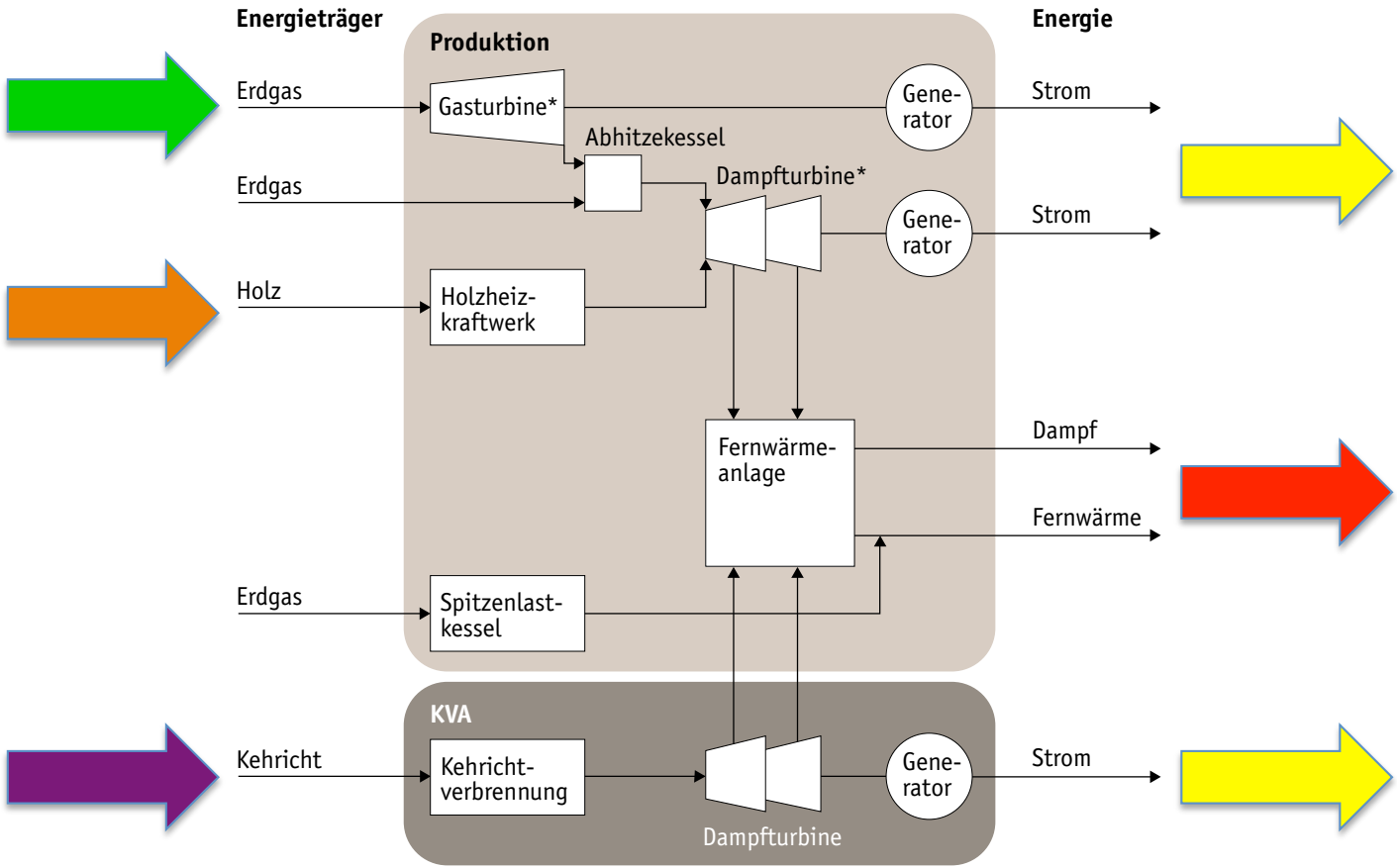
Röhrenspeicher für Erdgas
(Quelle: Erdgas Zürich AG)

Biogasaufbereitung zu Erdgas
(Quelle: Erdgas Zürich AG)

Abschaltbare Kunden (Umstellung auf Heizöl)


Importe aus dem
Europäischen
Hochspannungsnetz
Dampfnetz
Importe aus dem
Europäischen
Erdgashochdrucknetz
Zentrale Stromproduktion
Grosse Wasserkraftwerke
Atomkraftwerk
Industrie
WKK
Kavernenspeicher
Pumpspeicher
Hochspannungsnetz
Biomasse
ENERGIE-HUB
Hochdrucknetz
Transformatoren
Fernwärmenetz
Wärmespeicher
Druckreduzierstation
Verteilnetze
BHKW
Verteilnetze
Wohnhäuser
Gewerbe
Lokale Produktion
Biogasanlagen
Biomasse
Röhrenspeicher

Zusammenspiel der verschiedenen Anlagenteile:



* Beide Turbinen ergeben das GuD

(Quelle: Energie Wasser Bern ewb, Energiehub Forsthaus 2013)

Holzschnitzelkessel (230t)

Fernwärmeleitungen

Dampfturbine zur Stromerzeugung

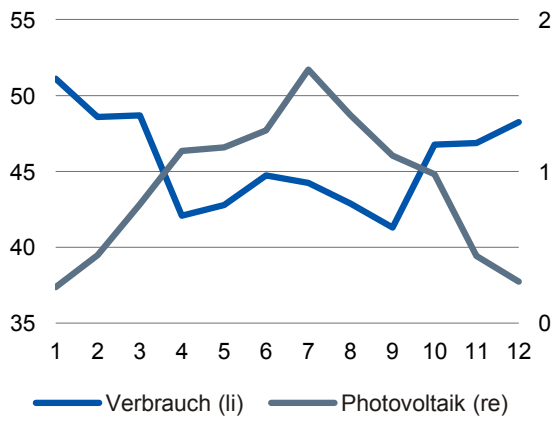
(Quelle: Energie Wasser Bern ewb, Energiehub Forsthaus 2013)

Wärmespeicher je 200m3 (Heisswasser 150°C) einer KVA-Fernwärmeanlage

Strom aus PV über das Jahr vs. Stromverbrauch

3

Monatsdaten 2010, DE, in TWh

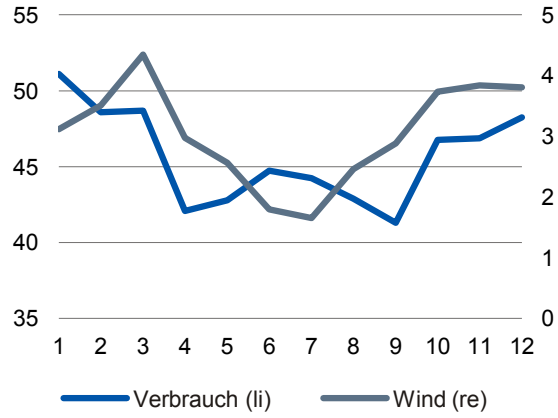


Quelle: ENTSO-E

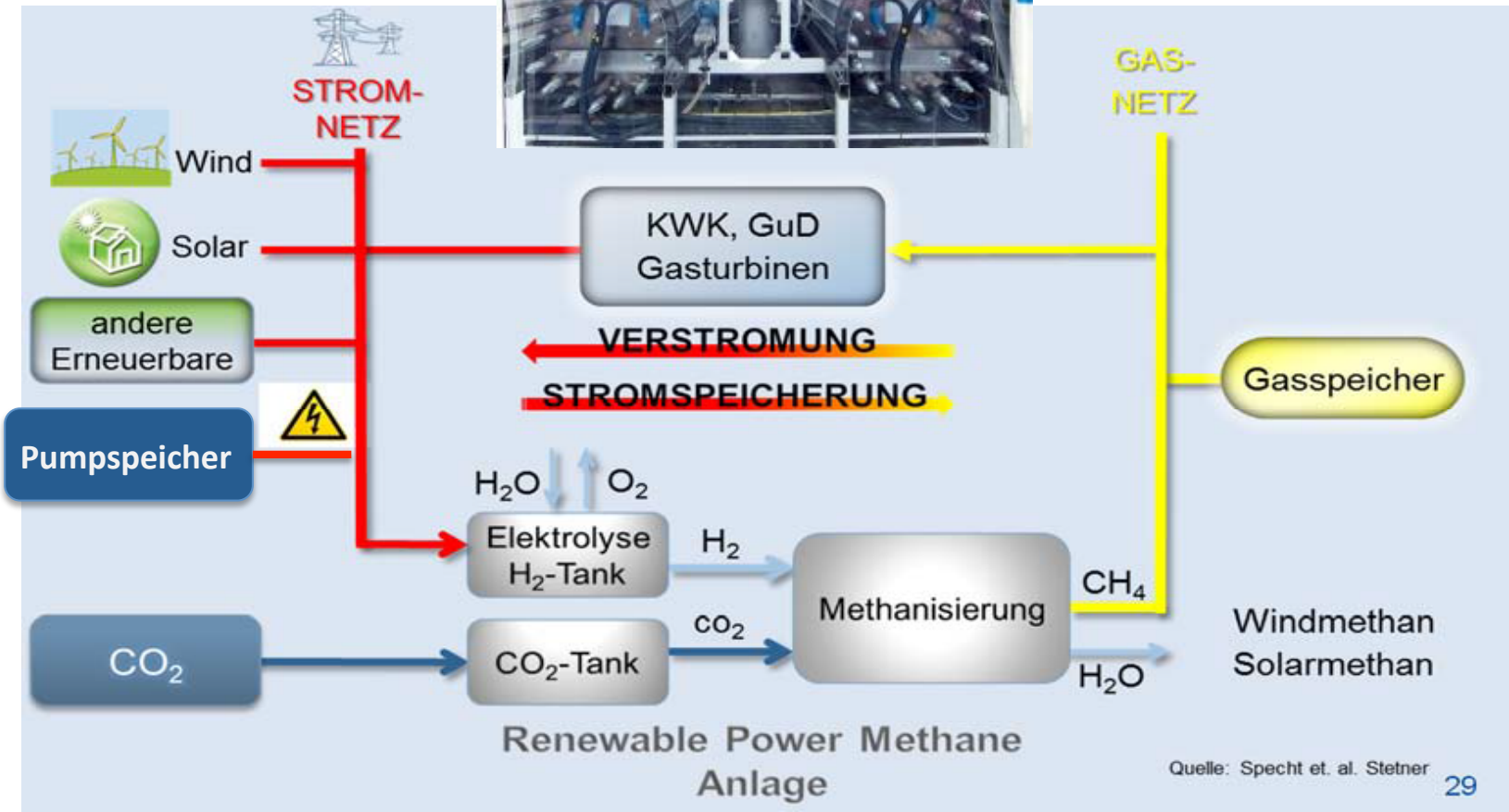
Strom aus Wind über das Jahr vs. Stromverbrauch

4

Monatsdaten 2010, DE, in TWh



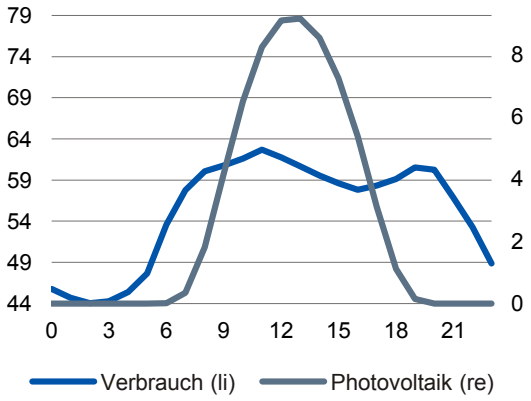
Quelle: ENTSO-E


STROM-
NETZ
GAS-
NETZ
Wind
Solar
andere
Erneuerbare
Pumpspeicher
KWK, GuD
Gasturbinen
VERSTROMUNG
STROMSPEICHERUNG
Gasspeicher
H_2O
O_2
Elektrolyse
H_2-Tank
H_2
Methanisierung
CH_4
CO_2
CO_2-Tank
CO_2
H_2O
Windmethan
Solarmethan
Renewable Power Methane
Anlage
Quelle: Specht et. al. Stetner
29

Schwankungen Verbrauch und PV-Strom über den Tag

5

Tagesdurchschnitte in GW, DE, September 2011

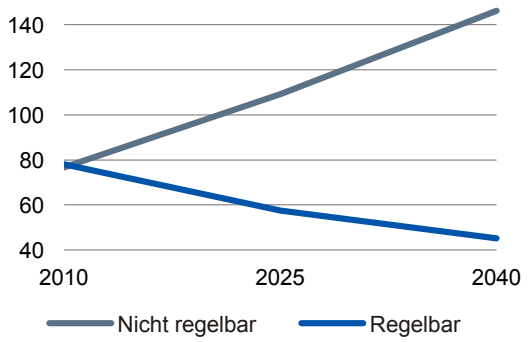


Quellen: EEG/KWK-G, ENTSO-E

Stromerzeugung künftig schwerer zu steuern

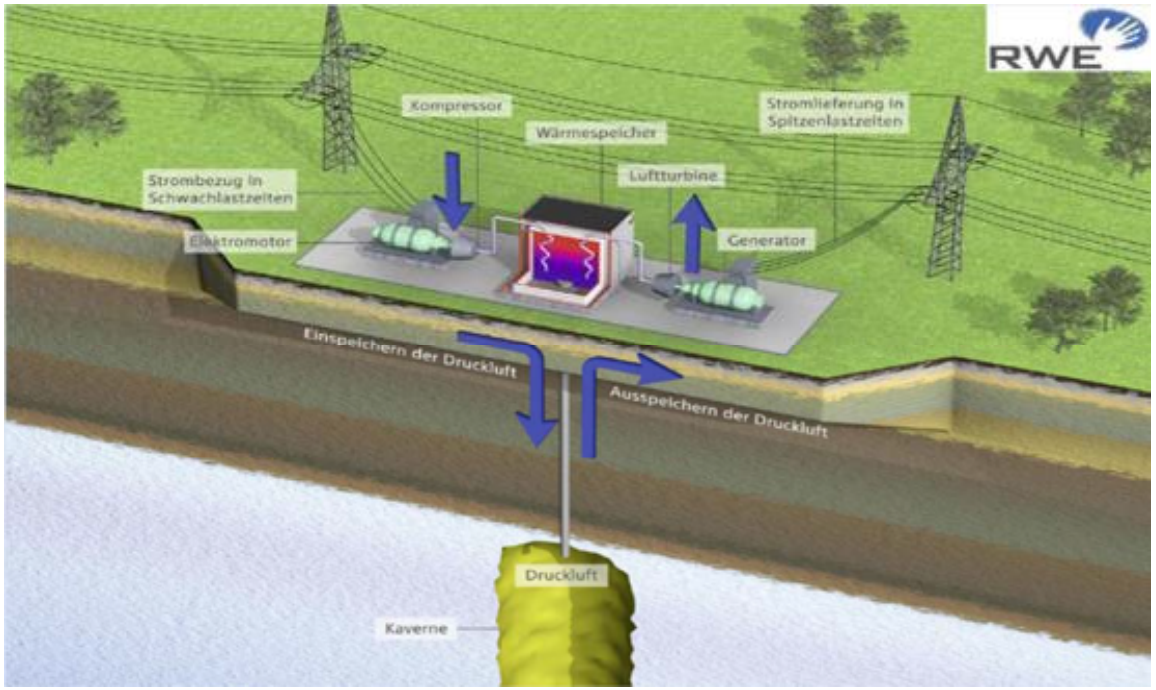
6

Entwicklung der Nettokraftwerkskapazitäten, 2010, 2025 und 2040, in GW



Quelle: DB Research

	Druckluftspeicher	Konventioneller Pumpspeicher	Speicherung mittels Wasserstoff
Wirkungsgrad Strom ≥ Strom	langfristig 70 %	80 %	40 %
Kosten je kW Abgabe-Leistung	mittelfristig < 500 €	etwa 350 €	> 1 000 €
Kosten je kWh Kapazität	< 15 € (unterirdisch)	etwa 100 € (je nach Ort)	< 0,1 €
Mögliche Standorte	mit Salz-Kavernen in der norddeutschen Tiefebene	im Bergland	mit Salz-Kavernen in der norddeutschen Tiefebene
Startzeit (0 bis 100 %)	< 1 Minute	1 bis 2 Minuten (Neuanlagen)	15 Minuten (GuD)
Mögliche Kapazität in Deutschland	15 TWh (hochgerechnet aus [14])	etwa 0,1 TWh (deutlich mehr mit Tagebau oder Ringwall)	> 500 TWh



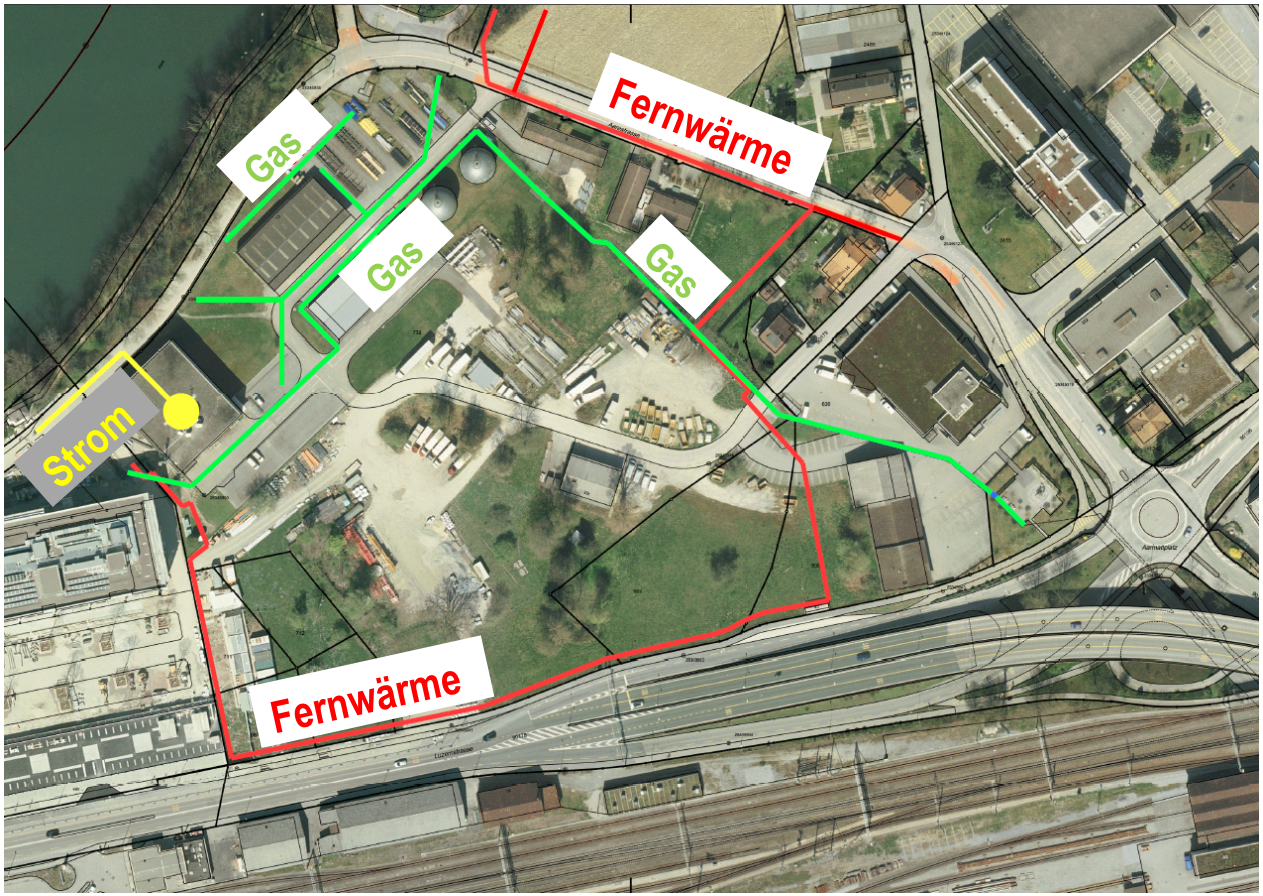
Druckluftspeicherkraftwerk

(Quelle: RWE 2013)

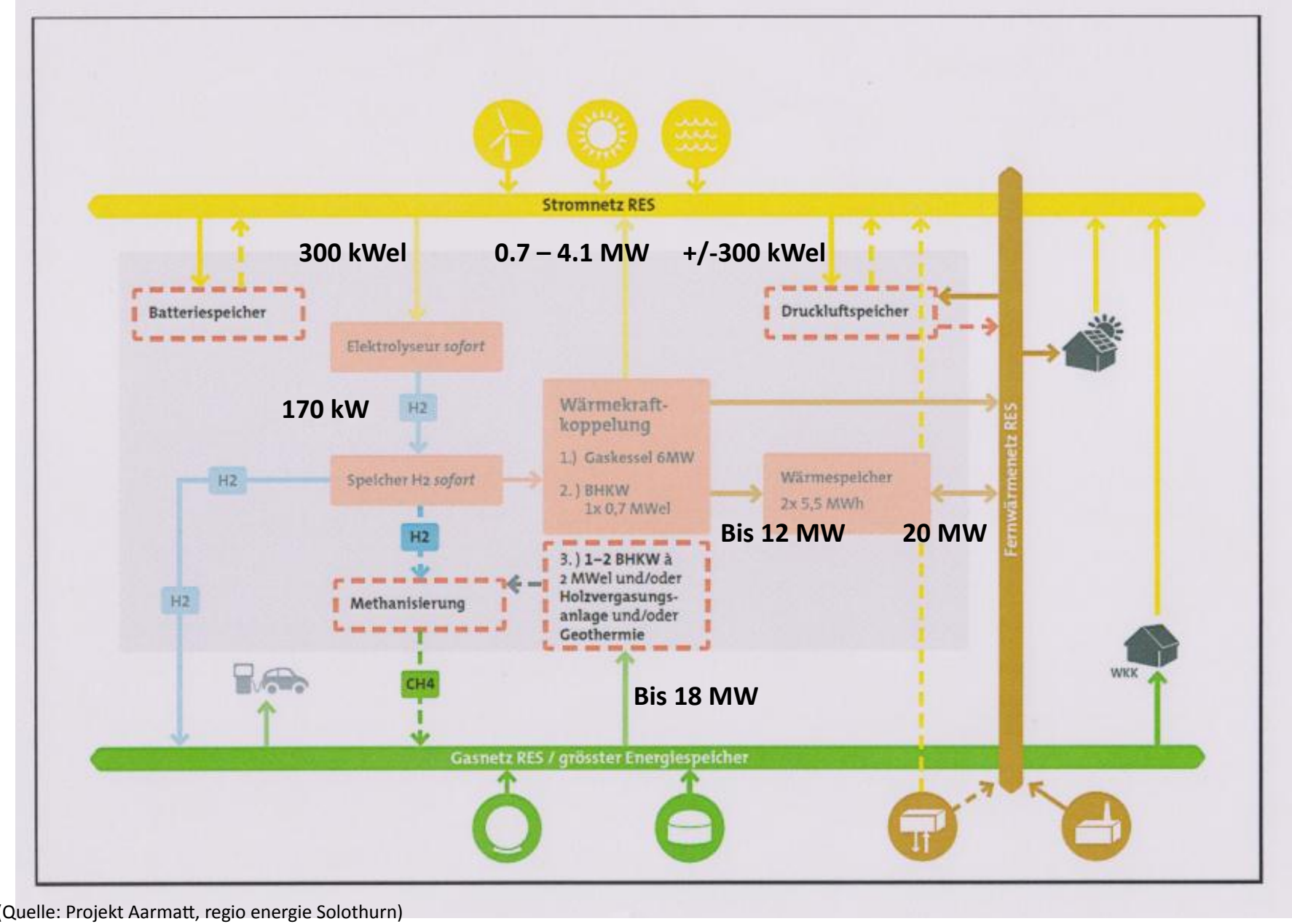
HGÜ Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

- Ein Leiter
- Keine Blindleistung

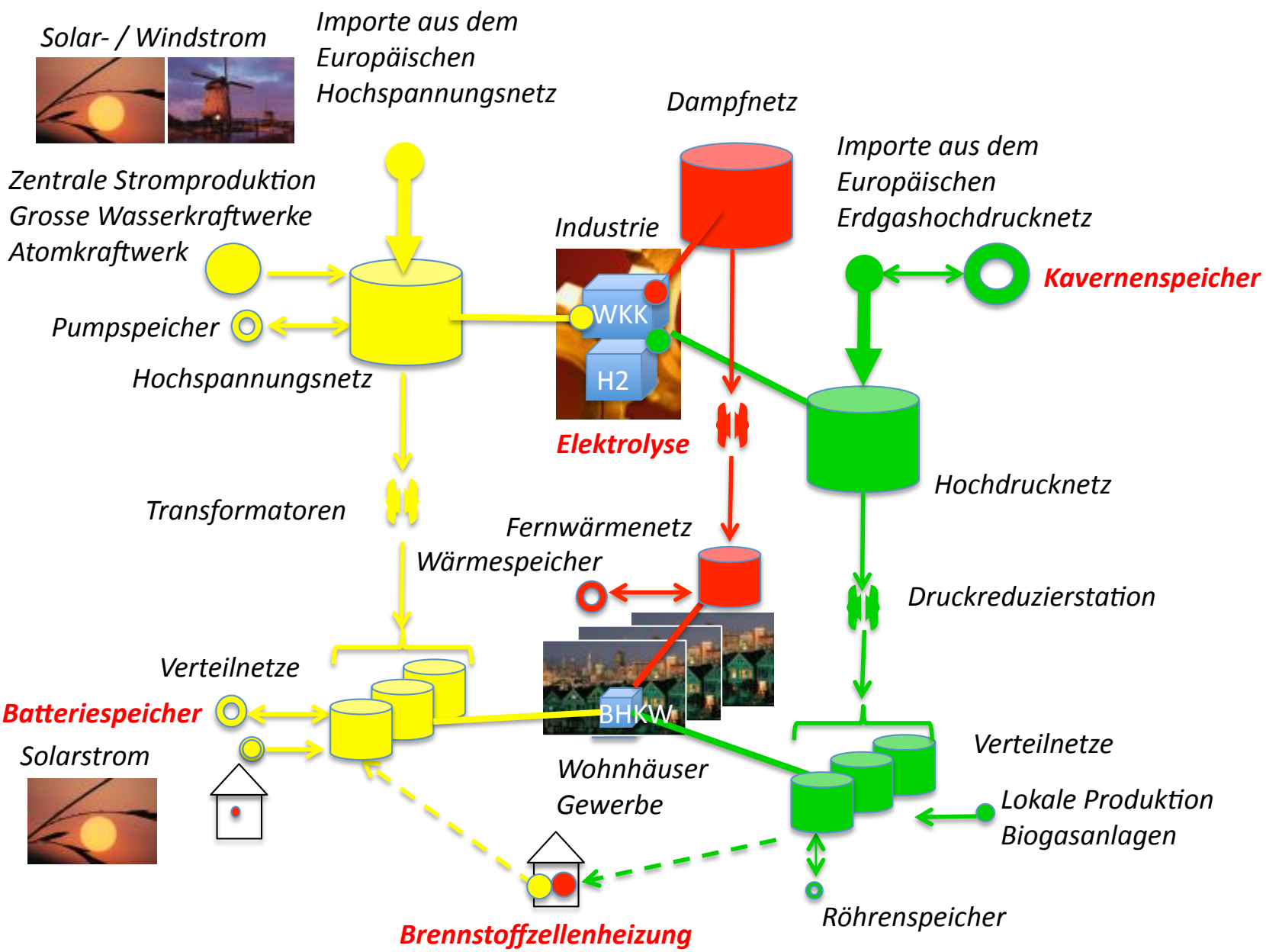
Hybridwerk Aarmatt

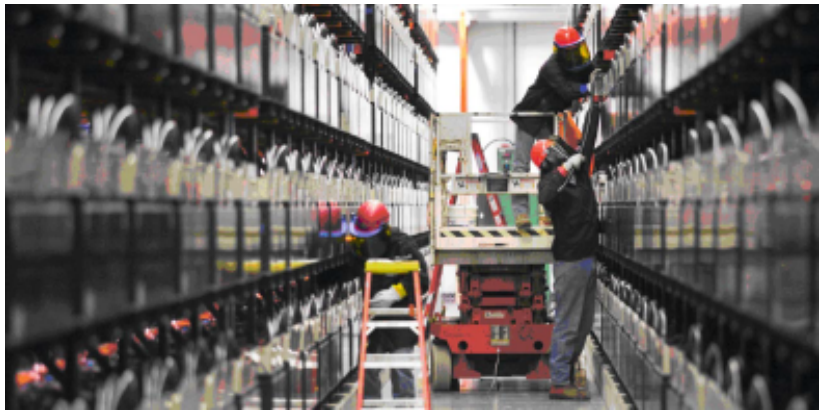


(Quelle: Projekt Aarmatt, regio energie Solothurn)



(Quelle: Projekt Aarmatt, regio energie Solothurn)


Solar- / Windstrom
Importe aus dem Europäischen Hochspannungsnetz
Dampfnetz
Importe aus dem Europäischen Erdgashochdrucknetz
Zentrale Stromproduktion
Grosse Wasserkraftwerke
Atomkraftwerk
Industrie
WKK
H2
Kavernenspeicher
Pumpspeicher
Hochspannungsnetz
Elektrolyse
Hochdrucknetz
Transformatoren
Fernwärmenetz
Wärmespeicher
Druckreduzierstation
Verteilnetze
Batteriespeicher
BHKW
Solarstrom
Wohnhäuser
Gewerbe
Verteilnetze
Lokale Produktion
Biogasanlagen
Röhrenspeicher
Brennstoffzellenheizung



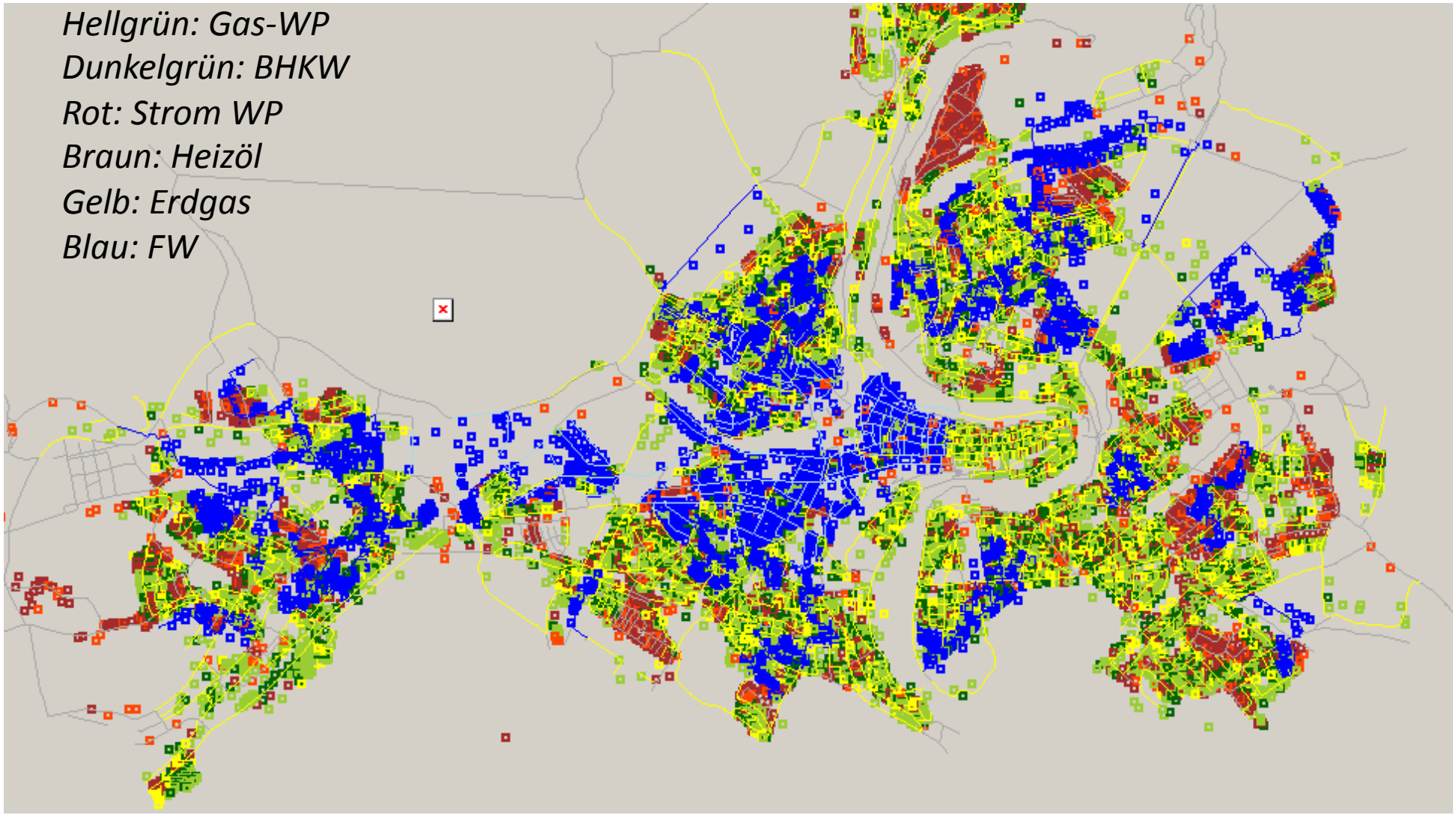
Batteriespeicher ABB Fairbanks, Alaska, 2003 27 MW, 15 Min

Virtuelles Kraftwerk mit lokaler Wärmespeicherung

Stromproduzierende Heizung ASS-SVGW

Brennstoffzellen
CH: Feldversuche HEXIS, CFCL je 5
Japan: Einführung PANASONIC 18‘000

Optimierung der Wärmeversorgung



(Quelle: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH)

...naut. Die
...als Ausgangspunkt

...bestand der Art sichern.
seien die isolierten einheimische...
ser daher zum Aussterben verurteil...

CO_2-Emissionen

Schnell handeln ist günstiger

Je rascher der Ausstoss an Klimagasen reduziert wird, desto einfacher gelingt es, die weltweite Klimaerwärmung auf zwei Grad zu beschränken, und desto weniger kostet es, dieses Ziel zu erreichen. Das ist das Fazit einer umfangreichen Studie eines internationalen Forscherteams unter Leitung der ETH Zürich. Umgekehrt würden nach 2020 massiv teurere Klimaschutzmassnahmen nötig. Die Studie zeigt ausserdem, dass einige Wahlmöglichkeiten bereits heute nicht mehr offenstehen und dass unsere Gesellschaft auf bestimmte Schlüsseltechnologien nicht wird verzichten können, wenn das Zwei-Grad-Ziel erreicht werden soll.

Eine dieser Schlüsseltechnologien ist das Abscheiden von CO_2, um es unter Tage zu lagern statt es in die Atmosphäre zu entlassen (Carbon Capture and Storage). Ohne diese Technologie müsste der weltweite Energieverbrauch insgesamt drastisch verringert werden.

(Quelle: ETH Zürich 2013)