

Energiewende und Versorgungssicherheit: Wie eine Strommangellage in der Schweiz verhindert werden kann

Naturforschende Gesellschaft Thurgau
Frauenfeld, 12. März 2024

Schweizerische Klimaschutzverpflichtungen

Unterzeichnung des Übereinkommens von Paris

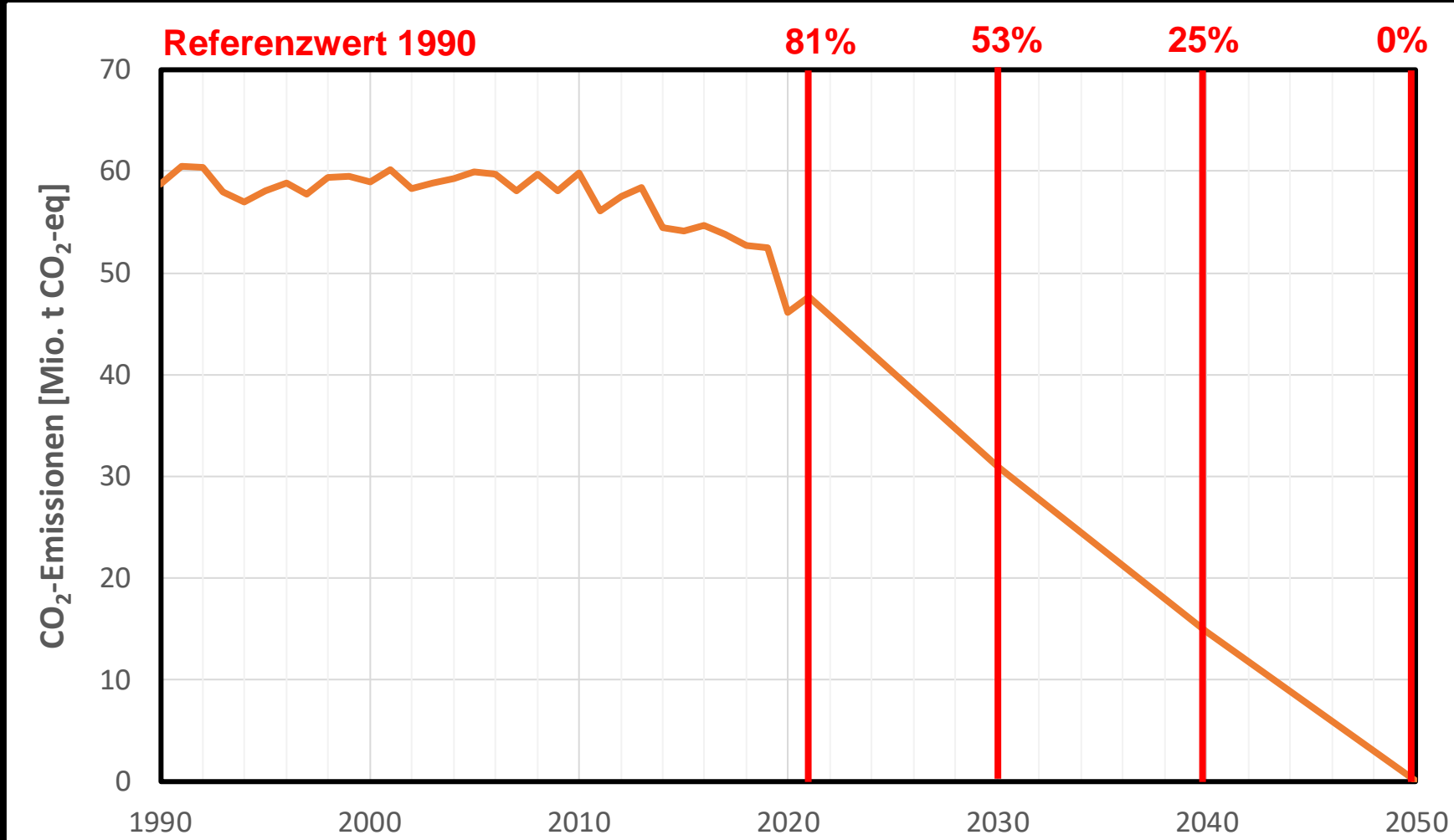
- **Begrenzung der globalen Erwärmung** auf deutlich unter 2,0 Grad wobei ein maximaler Temperaturanstieg von **1,5 Grad** angestrebt wird

Verabschiedung des Klimaschutzgesetzes

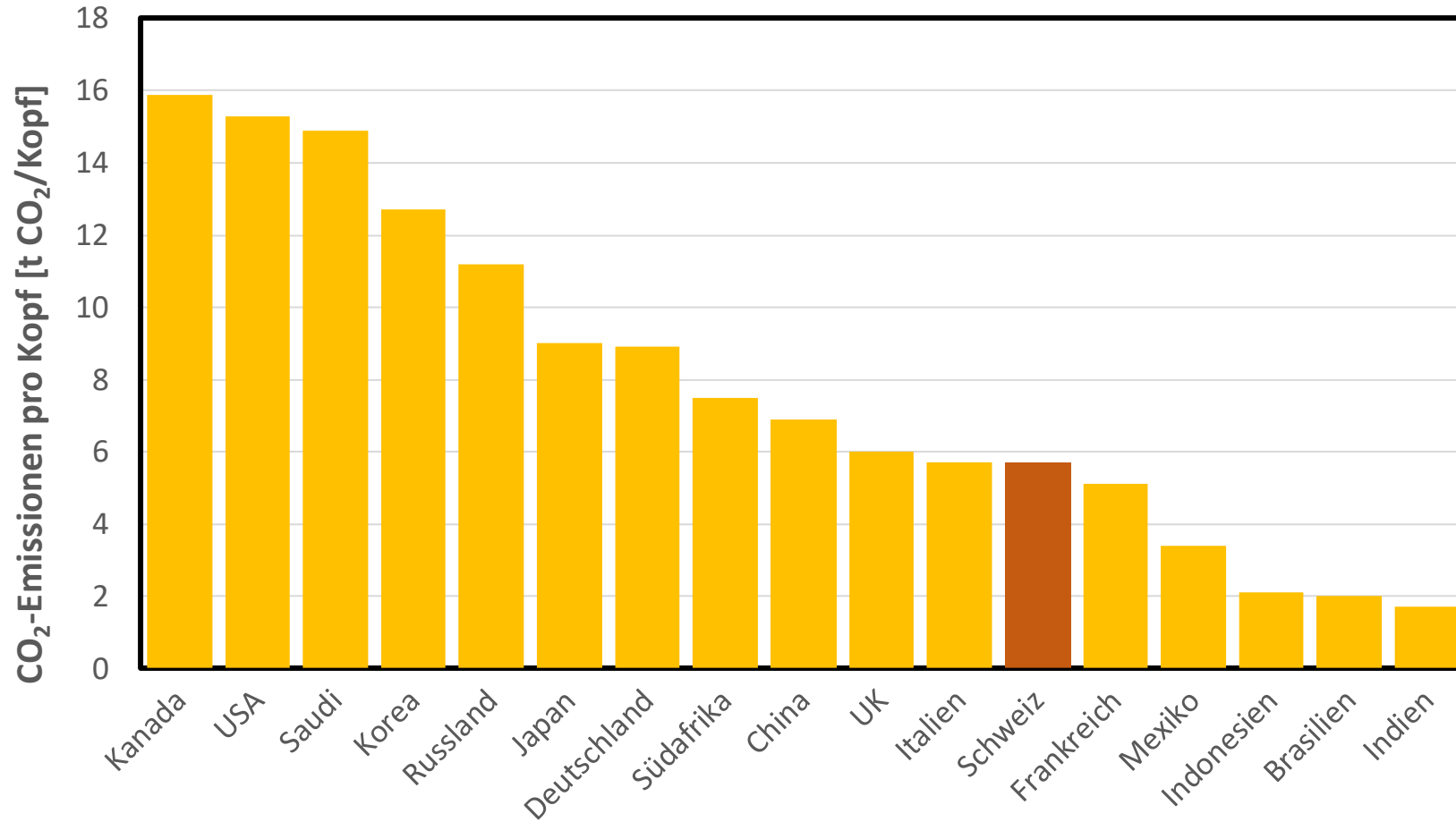
- Indirekter **Gegenvorschlag** zur **Gletscherinitiative**
- Gesetzliche Verankerung der Pariser Klimaschutzziele eingeschlossen den **internationalen Flugverkehr**
- Am **18. Juni 2023** mit **59,6% Ja-Stimmen** angenommen



Schweizerische Klimaziele



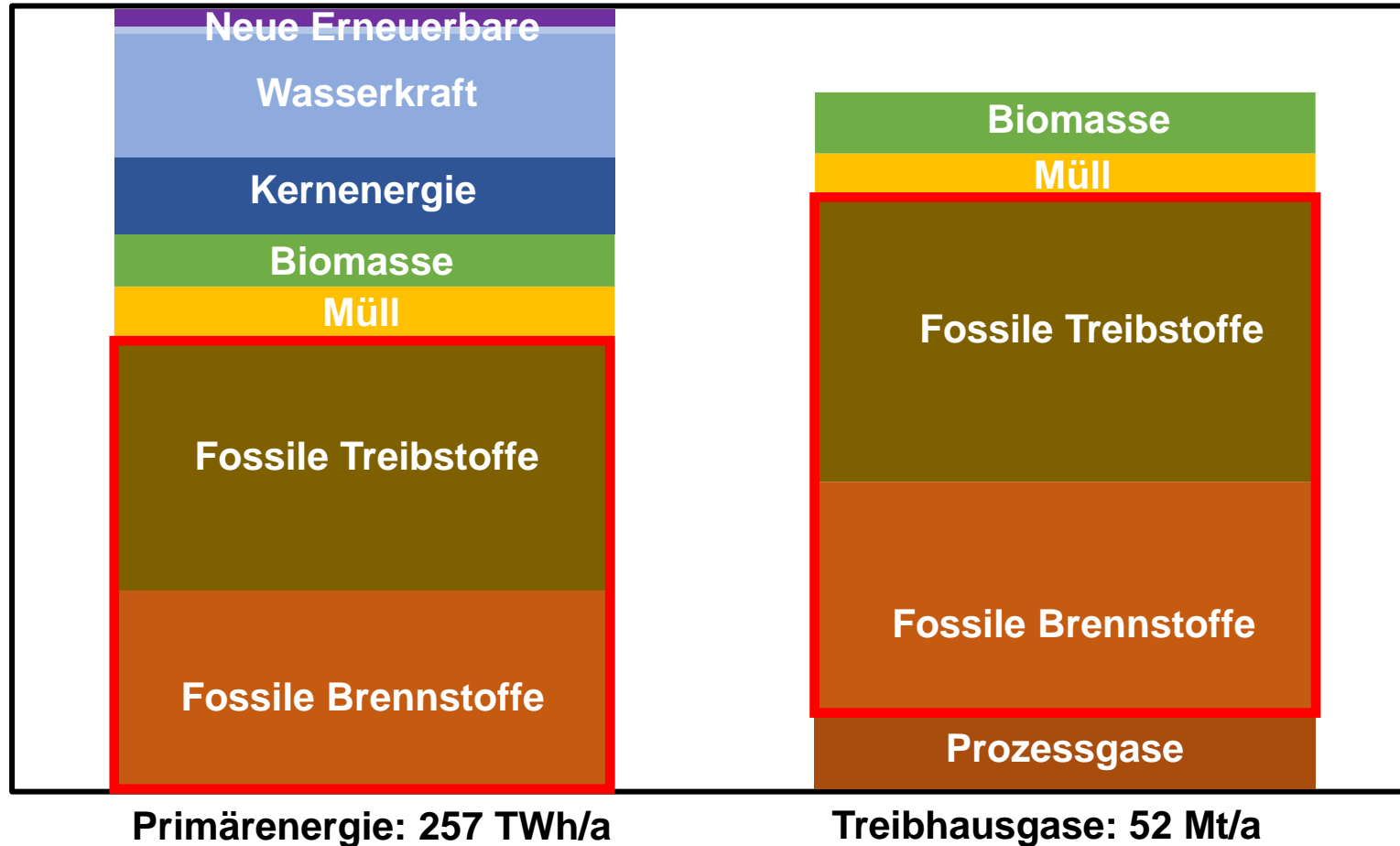
Ländervergleich: CO₂-Emissionen pro Kopf



Klimaneutral werden



Primärenergie und Treibhausgase im Jahr 2019



Fossile Energieträger ersetzen

Fossile Brennstoffe

- Ersatz von **Gas- und Ölheizungen** durch **Wärmepumpen**

Fossile Treibstoffe ersetzen

- Ersatz von **Verbrennerfahrzeugen** durch **Elektrofahrzeuge**

Effizienz steigern

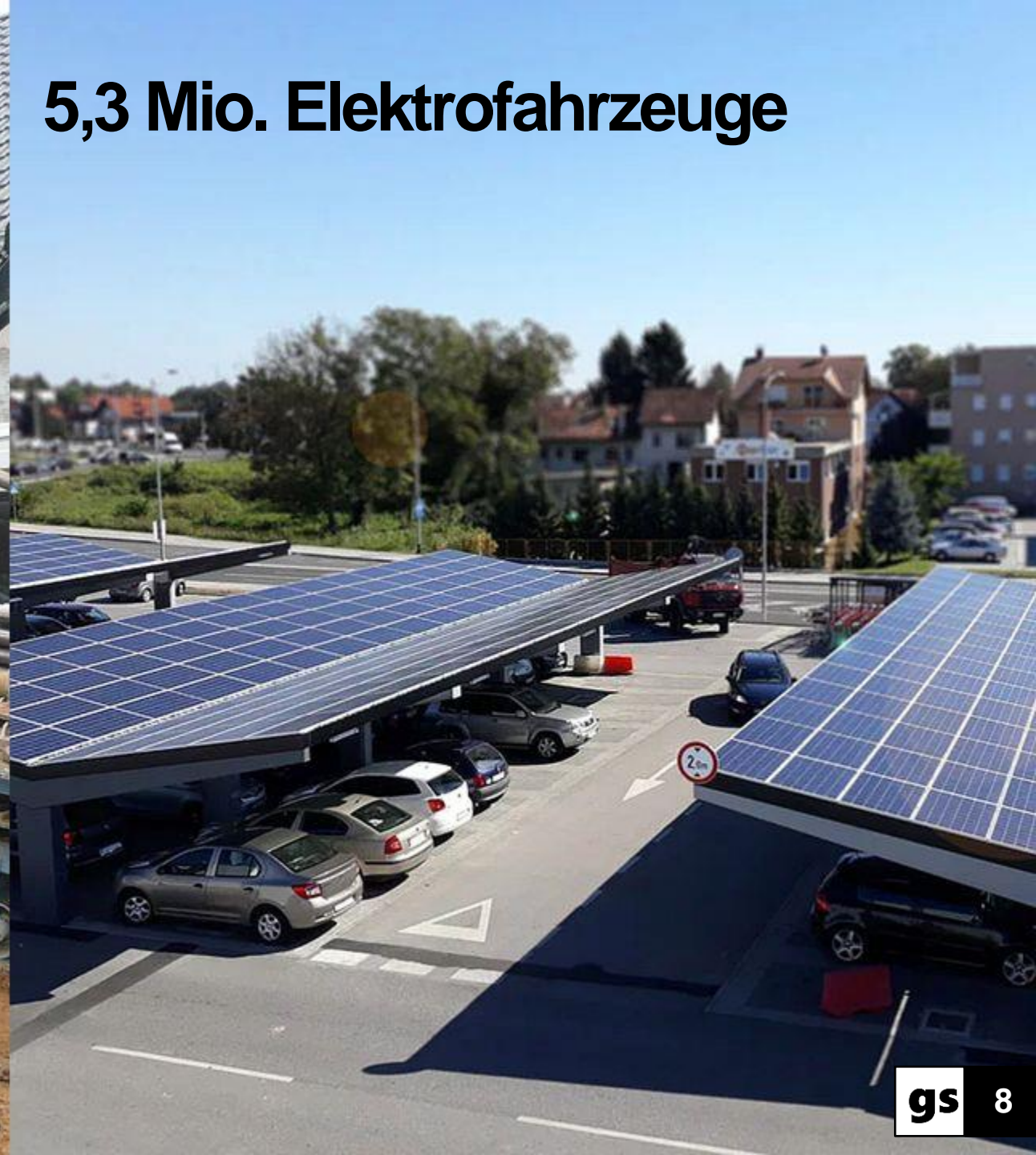
- Wärme- und Stromverbrauch **senken**



1,8 Mio. Wärmepumpen



5,3 Mio. Elektrofahrzeuge



Energetische Sanierungen

Senkung des jährlichen **Wärmebedarfes**
von **83 kWh/m²** auf **50 kWh/m²**

Dafür müssen rund
50% der Bestands-
bauten **totalsaniert**
werden

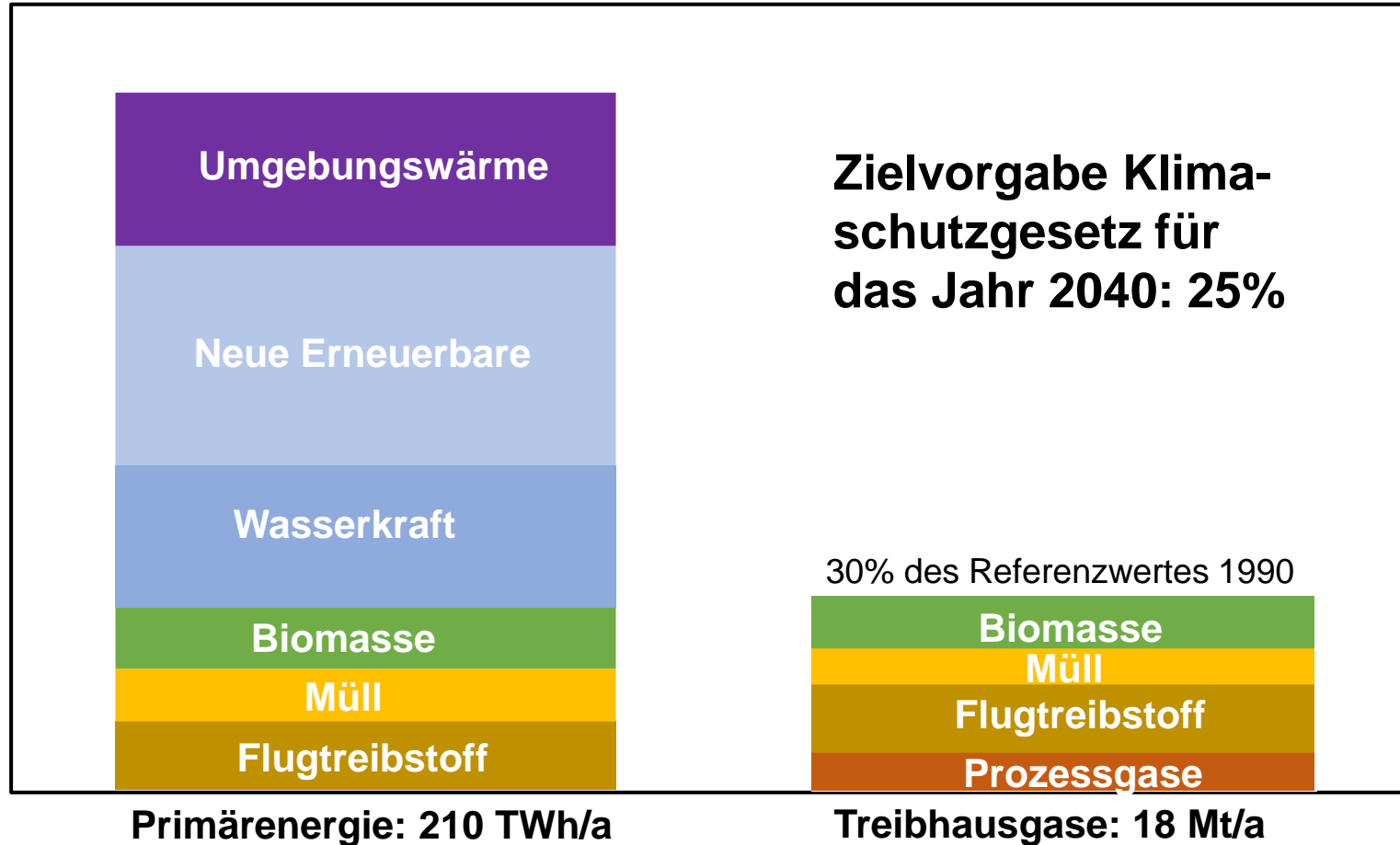


Effizientere Elektrogeräte und Beleuchtung

Senkung des **pro Kopf**
Stromverbrauchs um **32%**



Primärenergie und Treibhausgase im Jahr 2050



Negativemissionen

Nicht vermeidbare Emission

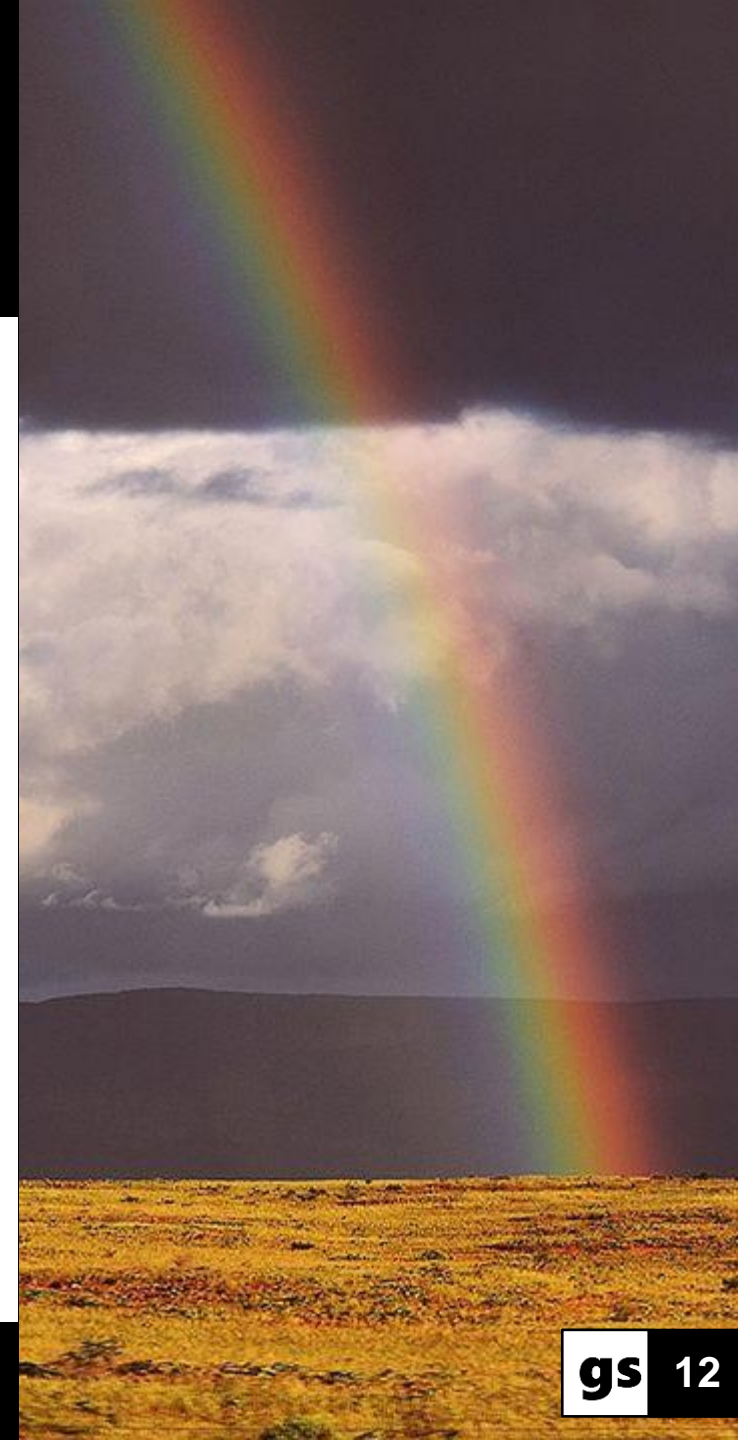
- **Fossiler Müll:** 50% des Kehrichts ist fossil
- **Flugtreibstoff:** Kerosin lässt sich nicht ersetzen
- **Prozessgase:** Beim Brennen von Klinker wird CO₂- frei
- **Weitere THG:** CH₄ und N₂O aus der Landwirtschaft

CO₂-Abscheidung

- **Abscheidung** des CO₂ aus **Abgasen** und der **Luft**

Endlagerung im Untergrund

- **Verpressung** des CO₂ in **ehemaligen Erdgasfeldern**



CO₂-Abscheidung in KVA, Industrie und Biogasanlagen



450 Direct-Air-Capture-Anlagen

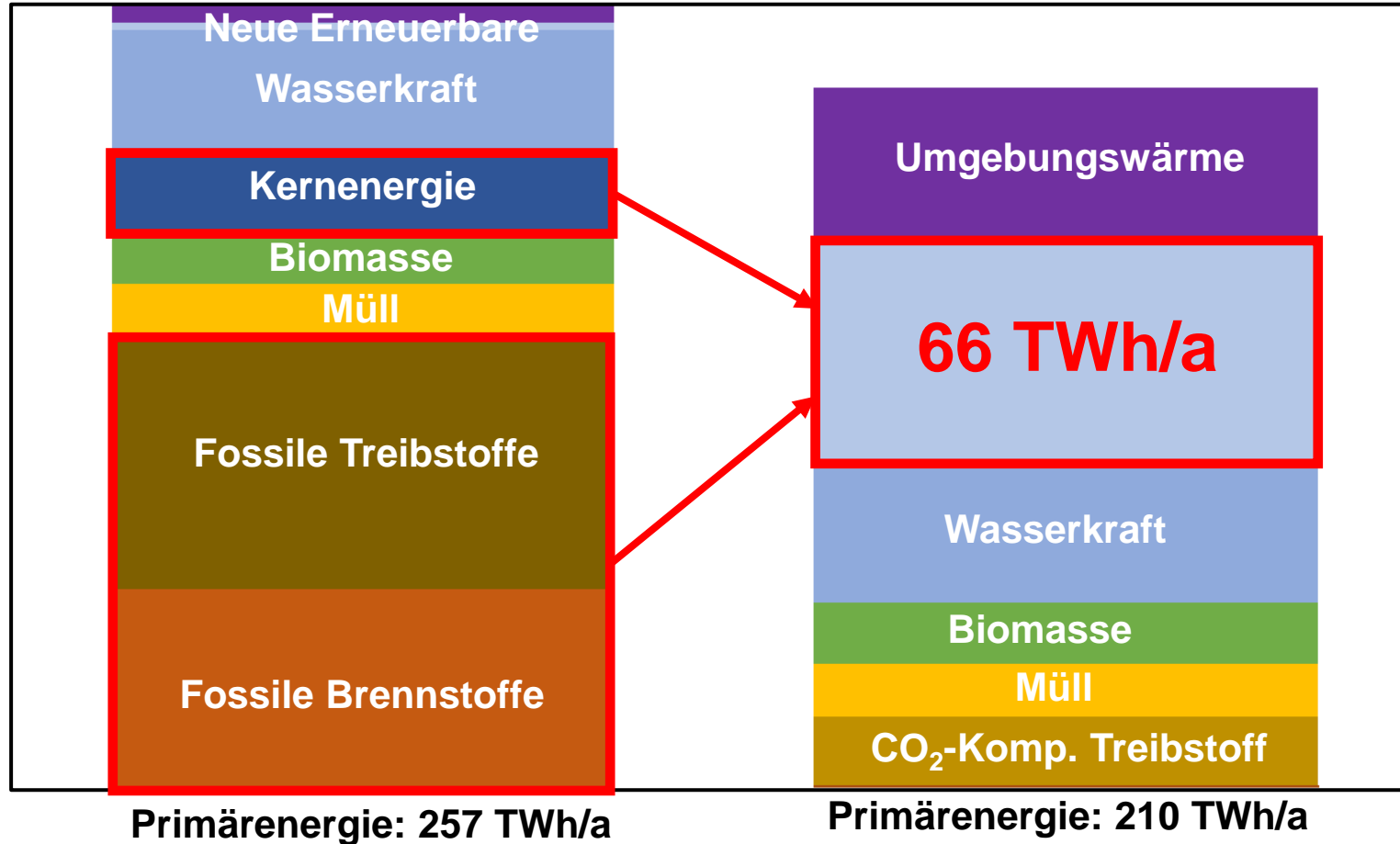


ORCA Carbon Capture Plant, Hellisheiði, Island
4 kt CO₂/a

Verpressung in erschöpften Erdgasfeldern in der Nordsee



Primärenergiebedarf im Jahr 2019 und 2050



Wie kann der Zusatzbedarf von 66 TWh/a gedeckt werden?



Neue Kernkraftwerke

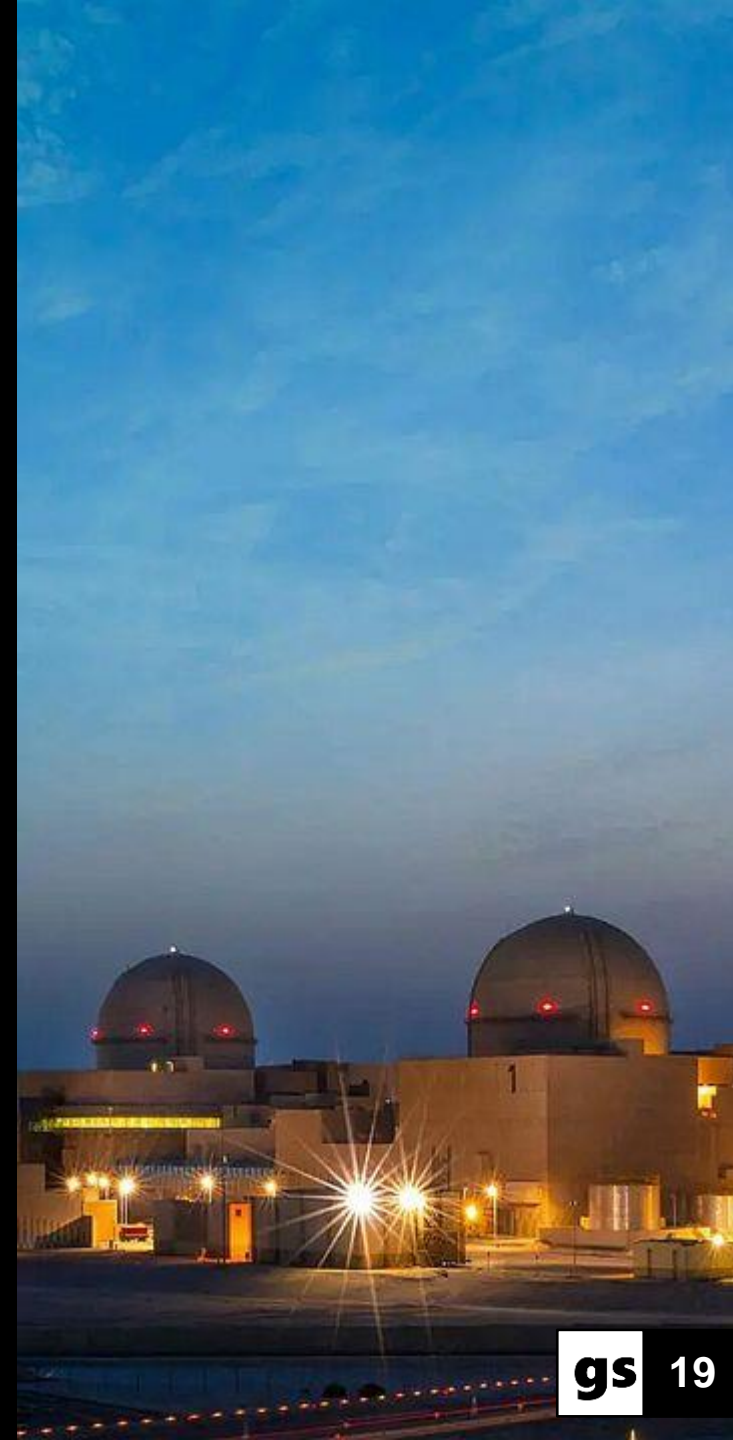


KKW Barakah, Barakah, VAE
4 x APR-1400, 45 TWh/a

Neue Kernkraftwerke

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	1	2	3	121
Kernenergie	37	30	67	57
Import	5	0	5	200
Total	43	32	75	69
Verbrauch	43	23	66	

+9 TWh



5 bis 7 grosse Reaktoren an den bestehenden Standorten



Projekt EKKB, Beznau, Aargau
1 x EPR, 13 TWh/a

oder 30 Kleinreaktoren (SMR) à 300 MW



GE-Hitachi BWRX-300 SMR,
2.4 TWh/a

Zweites Zwischenlager



Geologisches Tiefenlager «Nördlich Lägern»



Ein Schwachaktivlager



VLJ-Endlager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle,
Olkiluoto Finnland, seit 1992 in Betrieb

Ein Hochaktivlager



ONKALO-Endlager für hochradioaktive Abfälle,
Olkiluoto Finnland, Baubeginn 2016, Inbetriebnahme 2026

Neue Kernkraftwerke sind heute verboten und heftig umstritten



ENSi-Mahnwache, Brugg, Aargau, seit März 2011
immer von Mo bis Do, 17:00 – 18:00 Uhr

Neue Erneuerbare



Solaranlage Muttsee, Glarus
3.3 GWh/a

Produktionspotenzial der neuen Erneuerbaren

Strombedarf

- Aus neuen erneuerbaren Quellen: **66 TWh/a**

Jährliches Produktionspotenzial

- **Gebäudephotovoltaik:**
Potenzial auf Dächern, Fassaden und Infrastrukturen:
62 TWh/a, Produktionskosten 121 CHF/MWh
- **Windkraft:**
Potenzial: **30 TWh/a**, Produktionskosten 88 CHF/MWh
- **Alpine Photovoltaik:**
Potenzial: **44 TWh/a**, Produktionskosten 103 CHF/MWh



Winterstrom

Winterstrombedarf

- Aus neuen erneuerbaren Quellen: **43 TWh/a**

Winterstrom-Produktionspotenzial

- **Gebäudephotovoltaik:**
62 TWh/a mit Winteranteil von 30% ergibt **18 TWh/a**
- **Windkraft:**
30 TWh/a mit Winteranteil von 66% ergibt **20 TWh/a**
- **Alpine Photovoltaik:**
44 TWh/a mit Winteranteil von 55% ergibt **24 TWh/a**



Strommix mit neuen Erneuerbaren

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	1	2	3	121
Windkraft	20	10	30	88
Alpine PV	17	14	31	103
Import	5	0	5	200
Total	43	26	69	104
Verbrauch	43	23	66	

+3TWh



3'750 Windturbinen



Windpark Griess, Obergoms,
10 GWh/a

2'000 Anlagen mit der Leistung von NalpSolar



Wind- und alpine Solarparks sind ebenfalls umstritten



A scenic mountain landscape featuring a river in the foreground, a large array of solar panels on the right, and a power substation with a yellow excavator on the left. The background shows green hills and rocky mountains under a blue sky with clouds. The text is overlaid on the top and middle of the image.

**AUF DIE DÄCHER,
NICHT IN DIE NATUR!**

**NEIN am 10. September
zum Solar-Dekret**

alpine-megaprojekte-nein.ch

1,8 Mio. Solardächer



Nur Gebäudephotovoltaik

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	19	43	62	121
Import	0	0	0	200
Total	19	43	62	121
Verbrauch	43	23	66	

-24 TWh

+20 TWh



Stromimporte

Ohne Stromabkommen

- Aufgrund der sogenannten 70%-Regel ergibt sich eine Limitierung der Importe im Winterhalbjahr auf rund **10 TWh/a**

Mit Stromabkommen

- Obwohl die grenzüberschreitenden Kapazitäten steigen, sollten die Importe aus Gründen der Versorgungssicherheit **10 TWh/a** nicht überschreiten
- Eine **Strommangellage** wird meist nicht nur die Schweiz sondern auch unsere **Nachbarländer** betreffen



Gebäudephotovoltaik und Stromimporte

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	19	43	62	121
Import	10	0	10	200
Total	29	43	72	132
Verbrauch	43	23	66	

-14 TWh

+20 TWh



Den Sommerüberschuss in den Winter transferieren



Saisonale Speicherung: Pumpspeicherwerke

Speicherzyklus

- Wirkungsgrad: **83%**
- Winterdefizit: **-14 TWh/a**
- Benötigte Speicherkapazität: **17 TWh/a**

Pumpspeicherwerke

- Baukosten: **80 Mia. CHF**
- Speicherkosten: 4,3 Mia. CHF/a oder **250 CHF/MWh**



430 zusätzliche Stauseen



Ausbau der Wasserkraft ist auch umstritten



Saisonale Speicherung: Batteriespeicher

Speicherzyklus

- Wirkungsgrad: **95%**
- Winterdefizit: **-14 TWh/a**
- Benötigte Speicherkapazität: **15 TWh/a**

Batteriespeicher

- Baukosten: **1'500 Mia. CHF**
- Speicherkosten: 90 Mia. CHF/a oder **6'250 CHF/MWh**



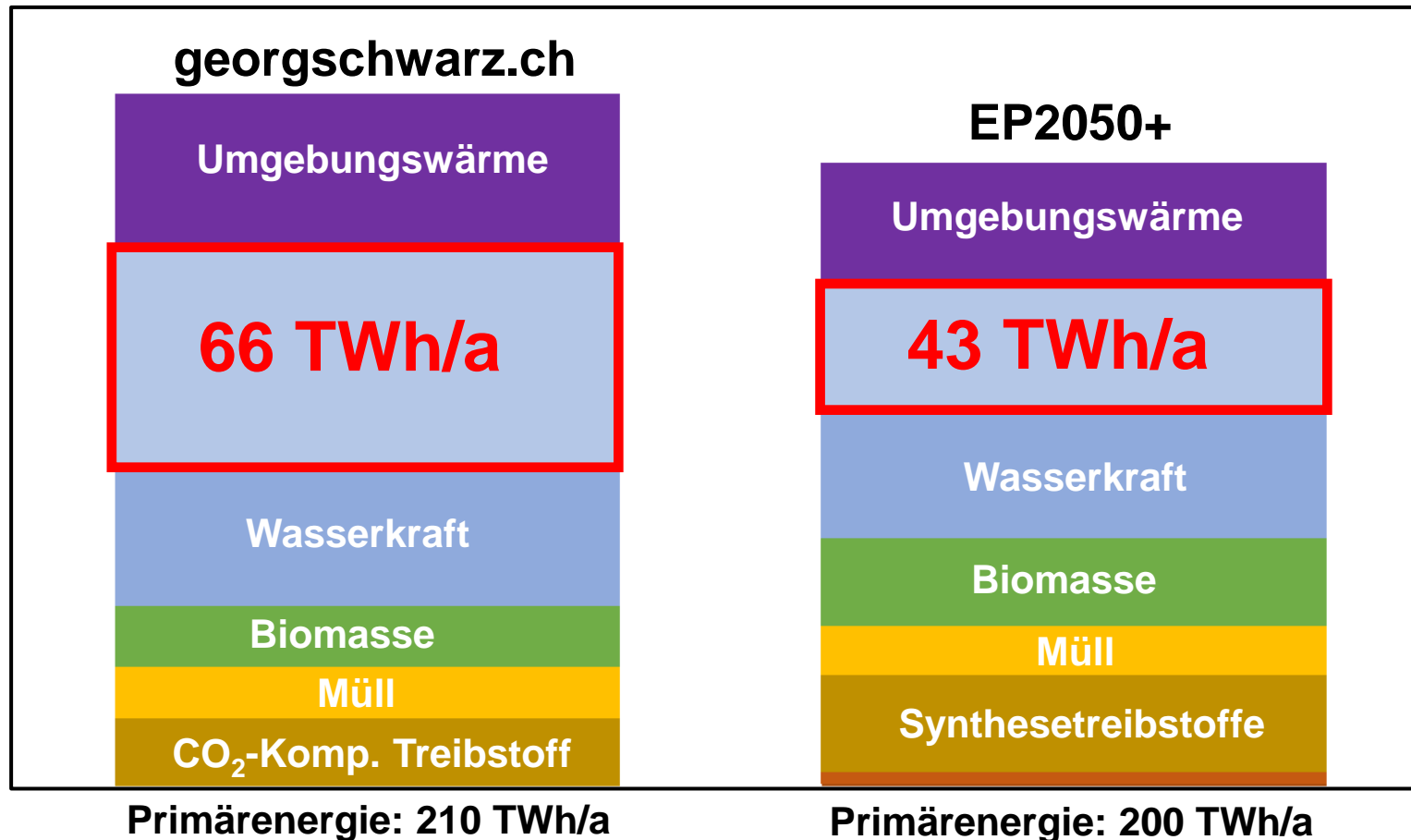
830'000-mal die abgebildete Anlage



Energieperspektiven 2050+ des Bundes



Primärenergie im Jahr 2050 gemäss EP2050+



Strommix der EP2050+

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	11	26	37	121
Windkraft	3	1	4	88
Geothermie	1	1	2	450
Import	10	0	10	200
Total	25	28	53	146
Verbrauch	25	18	43	

+10 TWh



1,1 Mio. Solardächer



500 Windturbinen



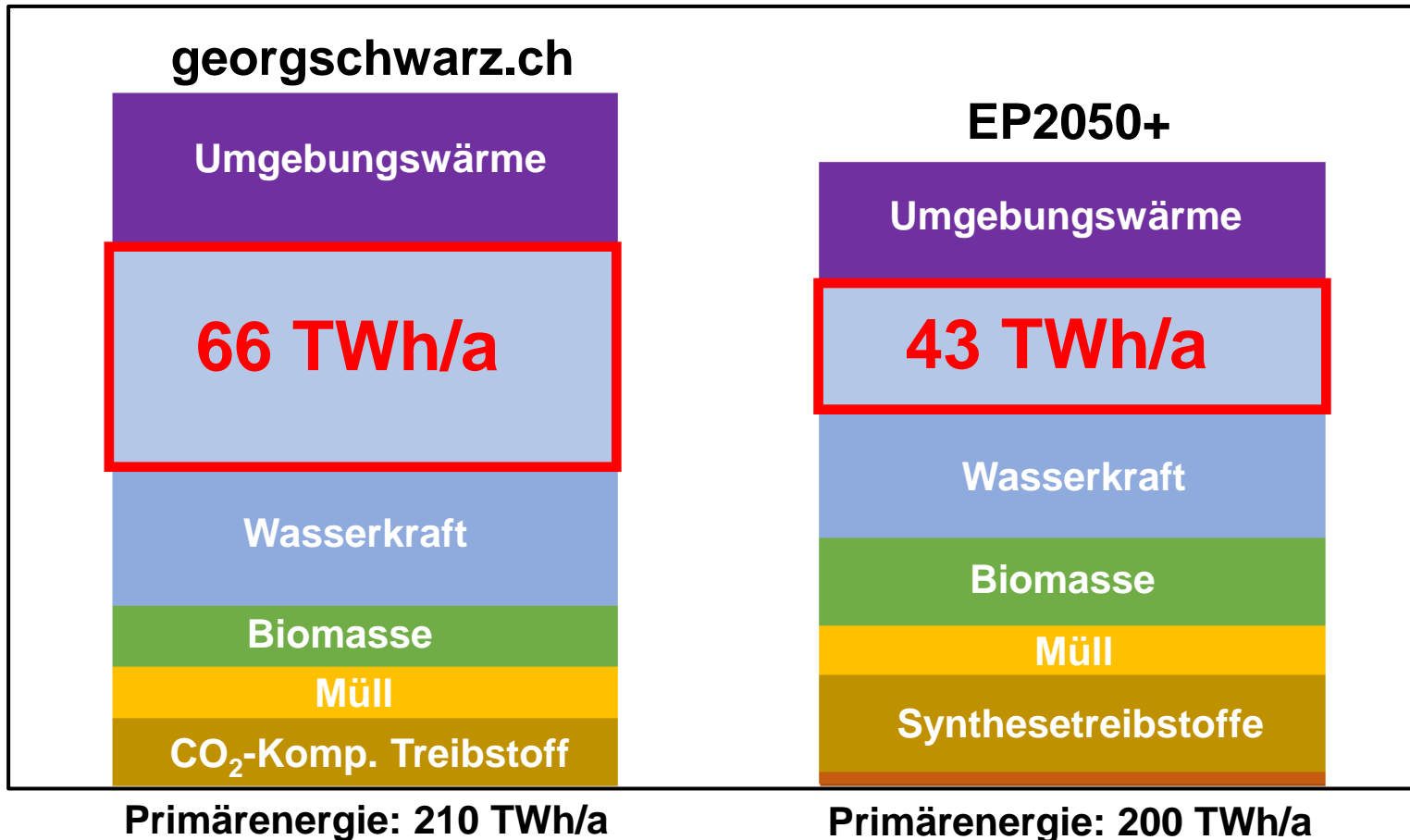
Windpark Griess, Obergoms,
10 GWh/a

200 Anlagen mit der Leistung des Geothermieprojekts Inwil



Geothermieprojekt der CKW in der Region Inwil/Perlen,
10 GWh/a Strom, 16 GWh/a Wärme

Warum ist der Energieverbrauch so viel tiefer?



Internationaler Flugverkehr

- Der **Kerosinverbrauch** und die damit verbundene **CO₂-Kompensation** ist in den **EP2050+** **nicht berücksichtigt**



Biogasimport

- Es ist ein Import von **11 TWh/a** Biogas vorgesehen
- Ob dieser Import aus **Russland** und der **Ukraine** möglich ist, ist höchst **ungewiss**



Import von Synthesetreibstoff aus Wasserstoff

- Es ist ein Import von **10 TWh/a** Synthesetreibstoff vorgesehen
- Synthesetreibstoff ist **ineffizient** und **teurer**
- Es ist **ungewiss** ob die EU eine entsprechende **Infrastruktur aufbaut**

Verlagerung von CO₂-Abscheidung ins Ausland

- Die Verlagerung von **10,6 Mt CO₂/a** schönt die **CH-Energiebilanz**
- Die benötigten **2'500** Anlagen brauchen viel Platz und **19 TWh/a** Strom
- Wird das jemand für die Schweiz übernehmen?

ORCA Carbon Capture Plant, Hellisheiði, Island
4 kt CO₂/a

Verlagerung energieintensiver Branchen ins Ausland

- Die vorgesehene BIP-bereinigte **Senkung des Wärme- und Stromverbrauchs der Industrie um 45%** kann mit technischen Massnahmen nicht erreicht werden
- Die Verlagerung **schönt die CH-Energiebilanz**

Reservekraftwerke für die Winterproduktionsfähigkeit

- Die schweizerische Elektrizitätskommission **EICom** kommt in ihrem Bericht zum Schluss, dass erdgasbetriebene **Reservekraftwerke** mit bis zu **4'000 MW** Leistung benötigt werden

Hoffnung Wasserstoff



Projekt PosHYdon, Offshore Scheveningen,
Niederlande, 100 t H₂/a

H₂-Produktion mit dem Sommerüberschuss

	Winter [TWh/a]	Sommer [TWh/a]	Gesamt [TWh/a]	Kosten [CHF/MWh]
Gebäude PV	19	43	62	121
Import	5	0	5	200
Total	24	43	67	127
Verbrauch	43	23	66	

-19 TWh

+20 TWh



H₂-Produktion mit dem Sommerüberschuss

Nutzungszyklus

- Wirkungsgrad: **37,5%**
- Sommerüberschuss: **20 TWh/a** -> 375 kt H₂
- Rückverstromung: 375 kt H₂ -> **7,5 TWh/a**

Wasserstoffproduktion und Rückverstromung

- CH-Produktionskosten: 1,4 CHF/kg H₂ -> 525 Mio. CHF/a
- Rückverstromungskosten: 0,2 CHF/kg H₂ -> 75 Mio. CHF/a
- Stromkosten: 0,6 Mia. CHF/a oder **80 CHF/MWh**



Wasserstoffimport

- Die Inlandproduktion kann den Bedarf nicht decken -> **Import von 575 kt H₂**
- **Zugang zum H₂-Netz der EU ist ungewiss**

Strom aus Import-H₂ kostet 195 CHF/MWh

125 Wasserstoff-Produktionsanlagen



Puertollano green hydrogen plant, Iberdrola, Spanien, 3'000 t H₂/a

Umwandlung von Wasserstoff zu Ammoniak

- Die Lagerung von Wasserstoff ist aufwändig und teuer

Ma'aden Ammonia Plant, Saudi Arabien,
3,3 kt Ammoniak pro Tag

Rückverstromung des Ammoniaks in 5 Gaskraftwerken



Gersteinwerk, RWE AG, Erne, Deutschland,
1'400 MW

Auch Gaskraftwerke sind umstritten



Variantenvergleich



Variantenvergleich

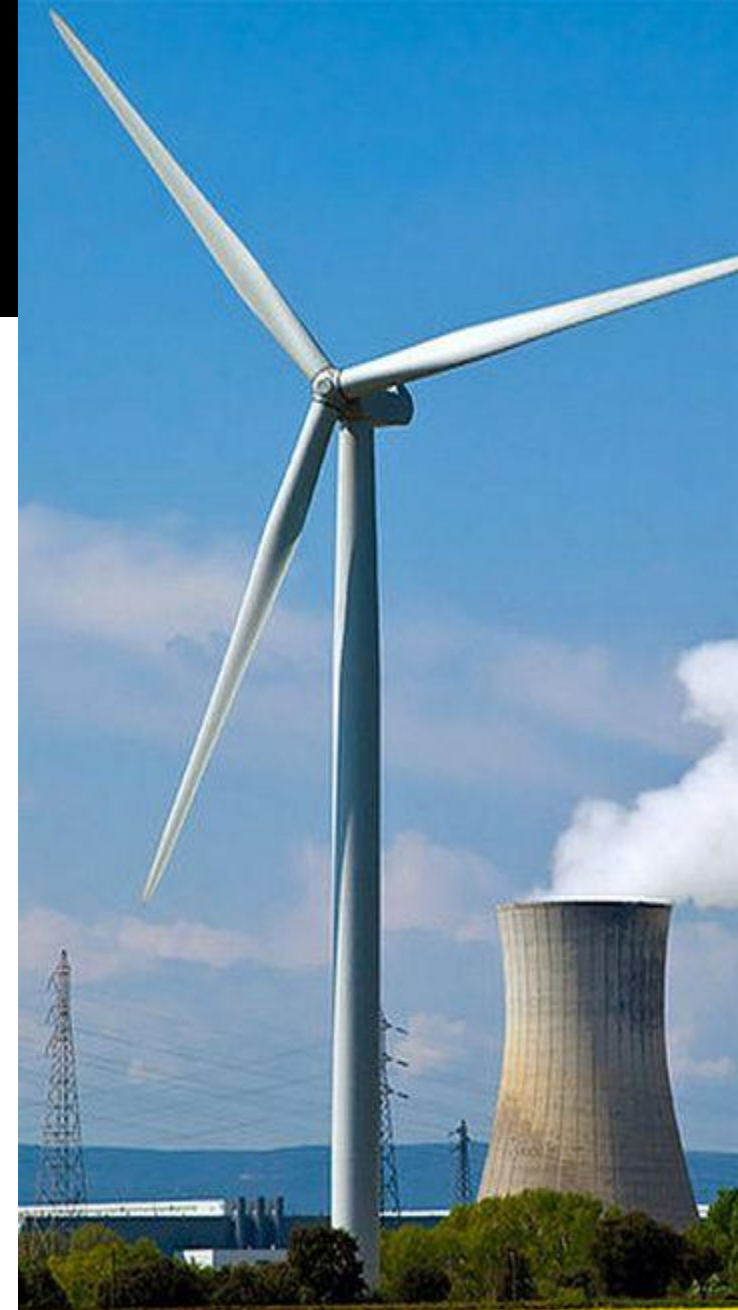
Kriterien	Kern- energie	Wind- & Alpen- strom	Pump- speicher	EP2050+	Wasser- stoff
Landschaftseingriff	+	+++	+++	++	+
Opposition	+++	+++	+++	++	++
Stromimport	+	+	+++	+++	+
Gesetzesänderung	+++	++	+++	+	+
Investitionen [Mia Fr]	232	302	467	294	371
Mehrkosten pro Jahr	13.6	16.6	24.8	19.7	23.2
Pro Person [Fr/a]	1'300	1'500	2'300	1'900	2'200



Variantenentscheid

Politische und keine technische Diskussion

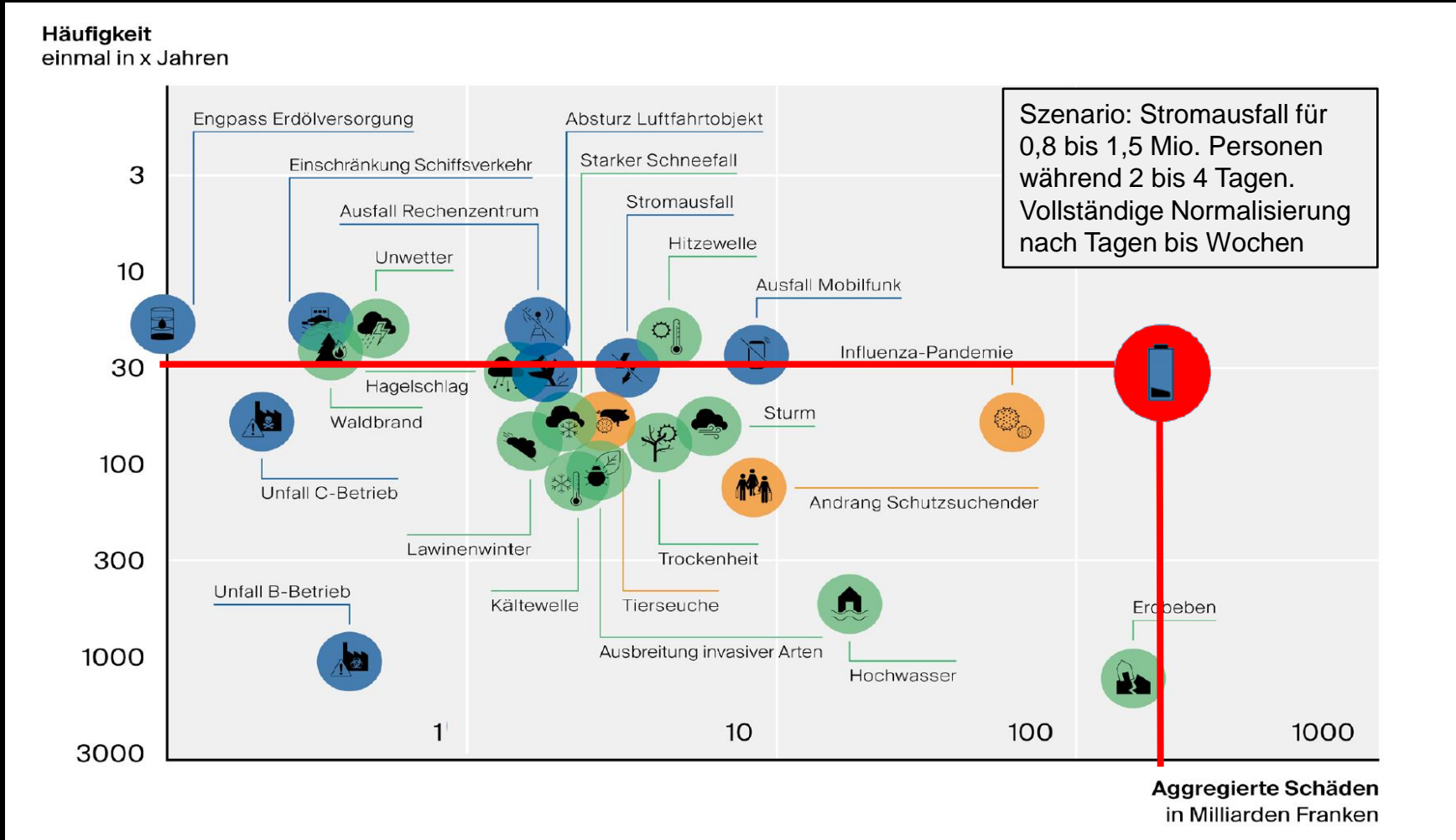
- **Technisch** sind **alle Varianten realisierbar**
- Beim Variantenvergleich ist zwischen **Kosten, Landschaftsschutz, Versorgungssicherheit** und Angst vor **Radioaktivität** abzuwägen
- Die **kostengünstigen** Varianten mit **Wind- und Alpenstrom** resp. **Kernenergie** sind politisch **umstritten**. Für einen Wiedereinstieg in die **Kernenergie** wäre sogar eine **Gesetzesänderung** nötig
- Die am **wenigsten umstrittene** Variante mit importiertem Wasserstoff und Gaskraftwerken ist **sehr teuer**



Die Versorgungssicherheit gewährleisten

Koronaentladungen an der 380kV-Hochspannungsleitung über den Albulapass

Versorgungssicherheit hat erste Priorität



Black-Out vermeiden

Mehrbedarf

- In **20 Jahren** wird das letzte **KKW abgeschaltet**
- Um die Ziele des Klimaschutzgesetzes einzuhalten muss die **Umstellung** auf Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge innerhalb von **26 Jahren** erfolgen

Zusatzproduktion

- Deshalb muss bis in **20 Jahren** auch die **CO₂-freie Stromproduktion** für den Ersatz der KKW und bis in **26 Jahren** für die neuen Verbraucher bereit stehen
- Bevor die benötigte **Produktionskapazität** nicht bereit steht, kann auch **nicht umgestellt** werden



Stromversorgung mit erneuerbaren Energien

Produktionsziele des Mantelerlasses sind nicht garantiert

- Die **Produktionsziele** basieren auf den sehr **optimistischen** Verbrauchsprognosen des BFE: **45 TWh/a** für **neue Erneuerbare**
- **Keine** wirksamen **Bestimmungen** zur Sicherstellung einer ausreichenden **Winterproduktion**
- Der **Bau von Wind- und alpinen Solarparks** wird etwas **erleichtert** und es werden **ausserordentlich hohe Subventionen** zugesichert
- Wenn die **Produktionsziele nicht erreicht** werden, sind keine wirksamen Massnahmen zur **Senkung des Stromverbrauchs** vorgesehen



Was tun wenn die Produktionsziele verfehlt werden?



Bestehende Kernkraftwerke weiterbetreiben



Drei grosse erdgasbetriebene Reservekraftwerke

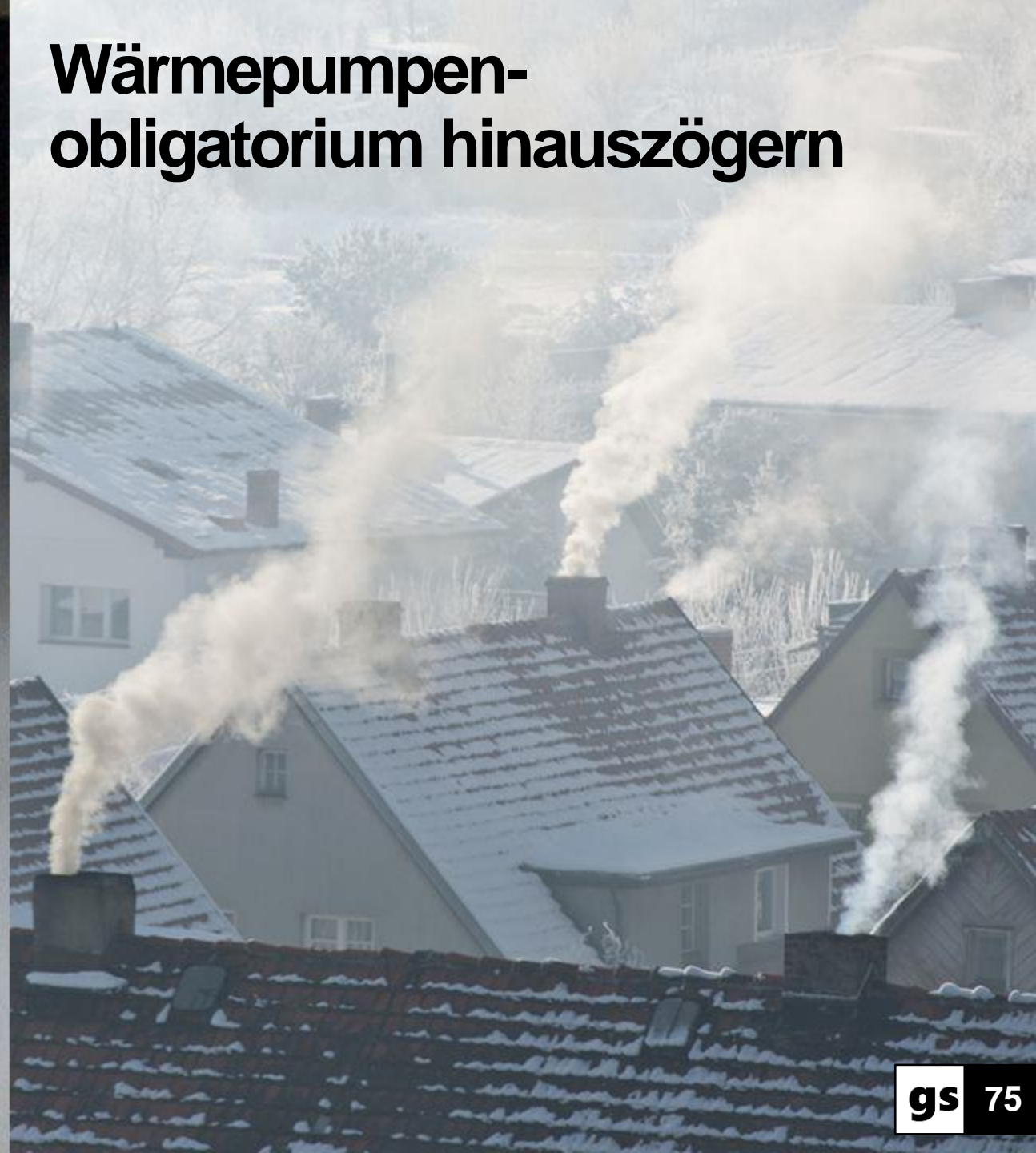


Gersteinwerk, RWE AG, Erne, Deutschland,
1'400 MW

**Verbrennerverbot
hinauszögern**



**Wärmepumpen-
obligatorium hinauszögern**

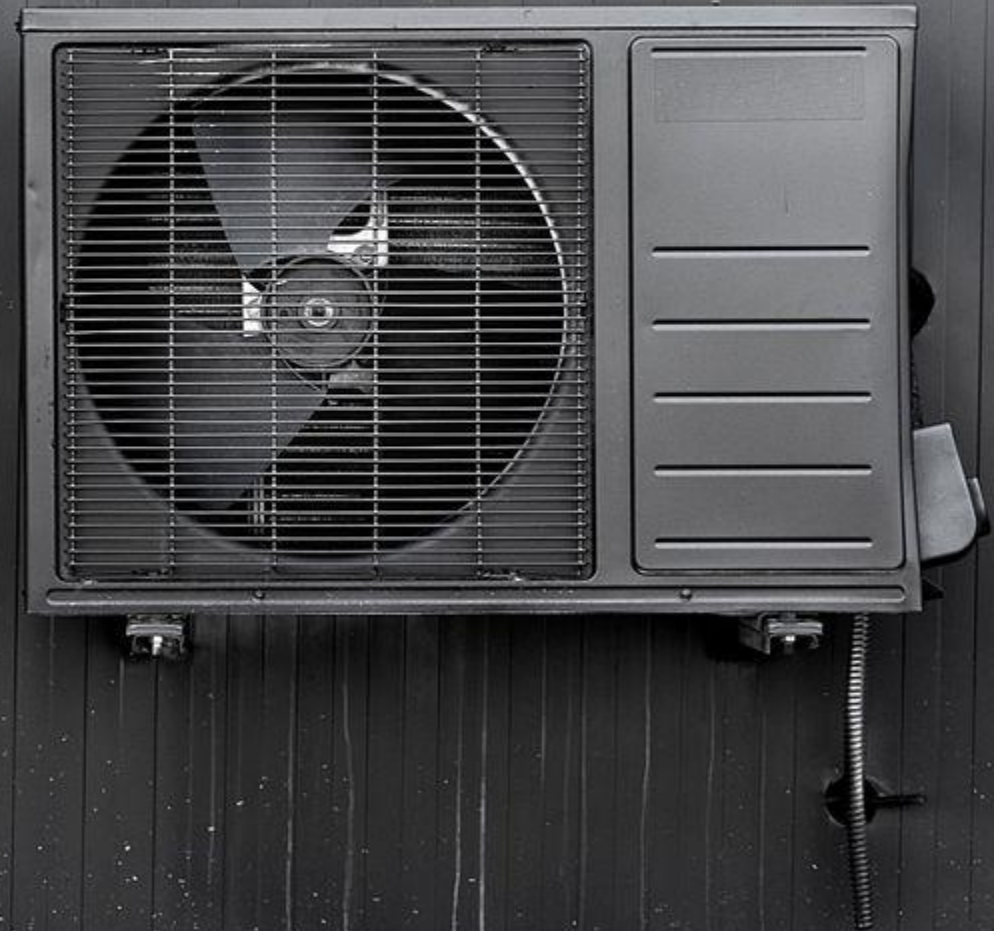


Noch mehr Erdgaskraftwerke und/oder Importe



Gersteinwerk, RWE AG, Erne, Deutschland,
1'400 MW

Konsequenz: Ein instabiles Netz und die Verfehlung des Netto-Null-Zieles bis 2050



Einbau eines Holzkochherdes für den Winter



Installation einer Solaranlage für den Sommer



Für den Betrieb der Klimaanlage



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

- Blog: www.georgschwarz.ch
- Mail: georg@georgschwarz.ch
- Twitter: [@drschoella](https://twitter.com/drschoella)

