



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Carbon Capture and Storage in der Schweiz

George Lustgarten*, Gunter Siddiqi** & Peter Jansohn***

*Eidgenössische Energieforschungskommission CORE

** Bundesamt für Energie BFE

*** BFE Programmleiter KW2020&CCS und Paul Scherrer Institut PSI



Die Stromangebotsvarianten im Überblick Jahr 2050

Stromangebotsvariante Bundesrat (alle Zahlen TWh _{el})	1 A Nuklear	1 B Fossil-zentral & Nuklear	2 C&E Fossil-zentral & Erneuerbar	2 D&E Fossil-dezentral & Erneuerbar	2 E Erneuerbar
Nachfrageentwicklung „Weiter wie bisher“	4 KKW: 47	5 GuD: 8 3 KKW: 35	9 GuD: 35 EE: 23	WKK: 12 EE: 23 Import: 17	WKK: 4 EE: 23 Import: 26
Nachfrageentwicklung „Neue Energiepolitik“			5 GuD: 15 WKK: 4 EE: 23	WKK: 12 EE: 23	WKK: 4 EE: 23 Import: 6

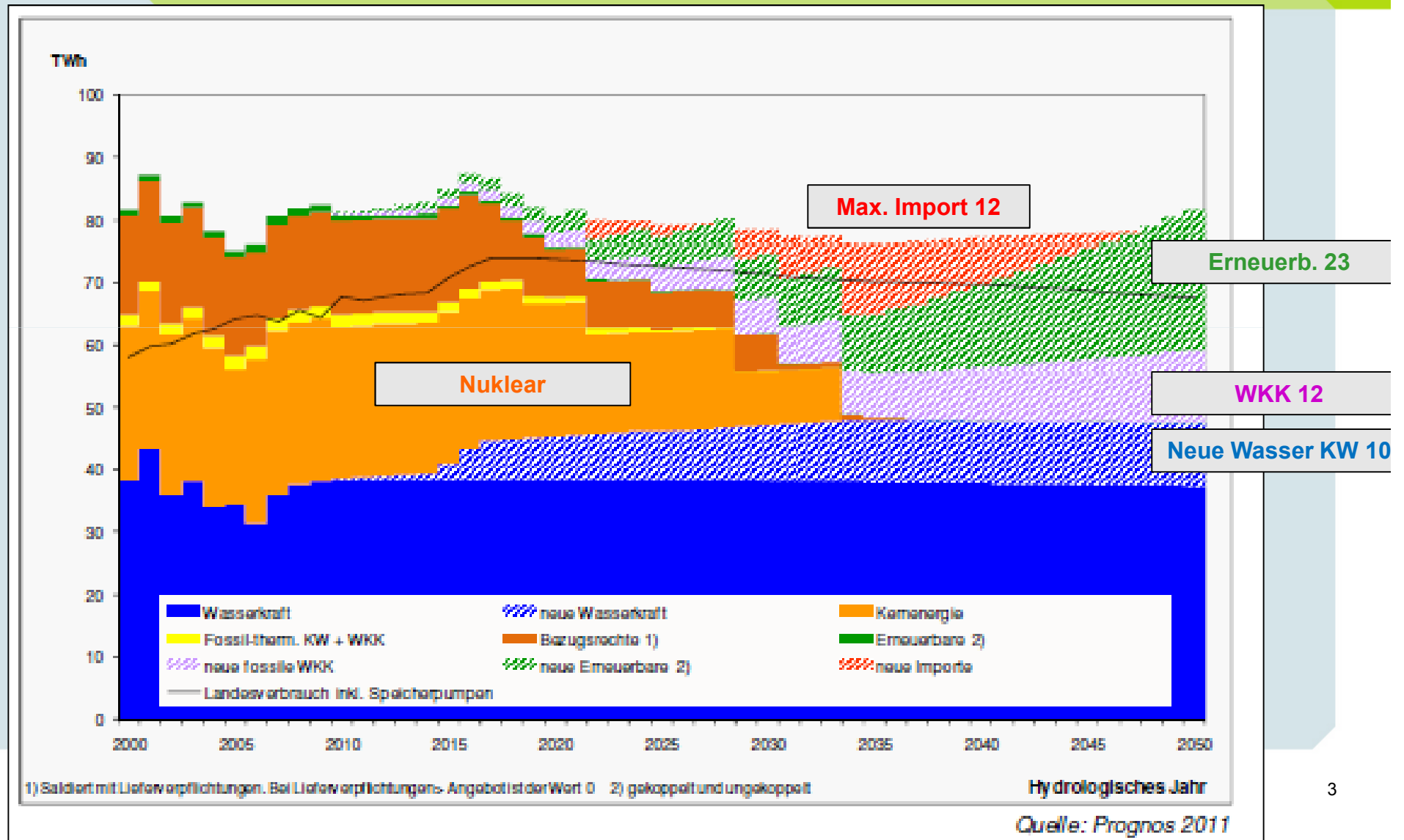
Quelle: Prognos 2007 & 2011

Bis schwerer
Störfall
Fukushima

Bundesrat – Ja
Nationalrat – Ja
Ständerat ?
Stimmvolk ?



NEU: Elektrizitätsangebot Bundesratsvariante 2 D&E Szenario „Neue Energiepolitik“, 2000–‘50, in TWh_{el}/a





Haltung des Bundesrates zur künftigen Stromversorgung

- Der Bundesrat will eine saubere, **sichere, weitgehend autonome und wirtschaftliche** Stromversorgung.
- Die bestehenden **Kernkraftwerke** werden am Ende ihrer sicherheitstechnischen Betriebszeit **vom Netz genommen**.
- Es werden **keine neuen Kernkraftwerke** gebaut.
- Die **Energiestrategie wird neu** ausgerichtet.
- Die **heutigen Klimaziele** werden weiterverfolgt. Eine allfällige zusätzliche **fossile Stromproduktion** muss auf ein absolutes **Minimum** reduziert werden.

BRB vom 25. Mai 2011



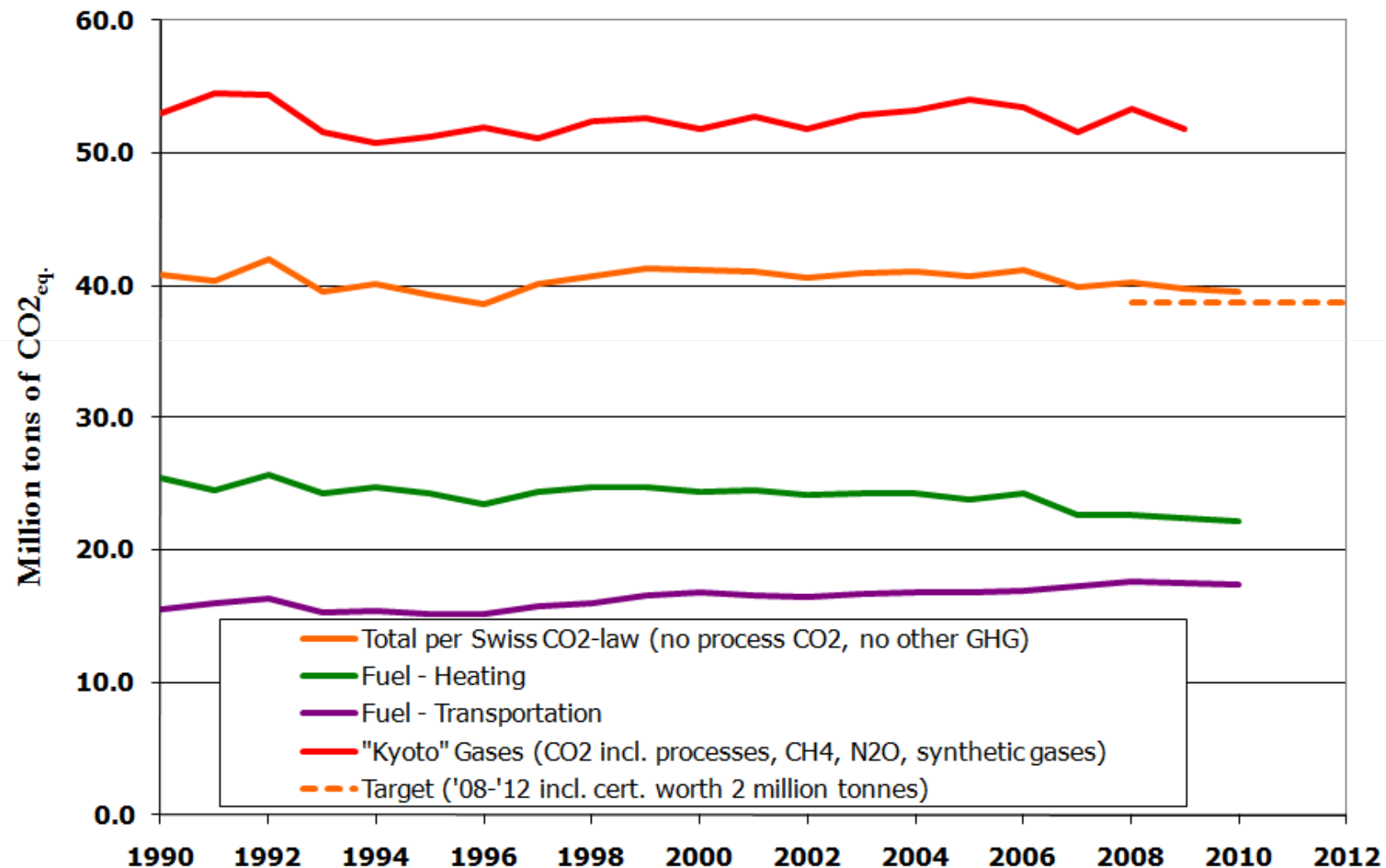
Energiestrategie orientiert sich an folgenden Prioritäten

- Energieeffizienz verstärken
- Wasserkraft ausbauen (Zielgrösse: 10 TWh bis 2050; ohne Zubau Pumpspeicherkraftwerke ca. 4 TWh bis 2050)
- Anteil erneuerbare Energien ausbauen (Zielgrösse: 22.6 TWh bis 2050)
- Restbedarf durch fossile Stromproduktion decken – primär WKK (Zielgrösse: 8.2 TWh bis 2050), sekundär durch GuD – sowie Importe

BRB vom 25. Mai 2011



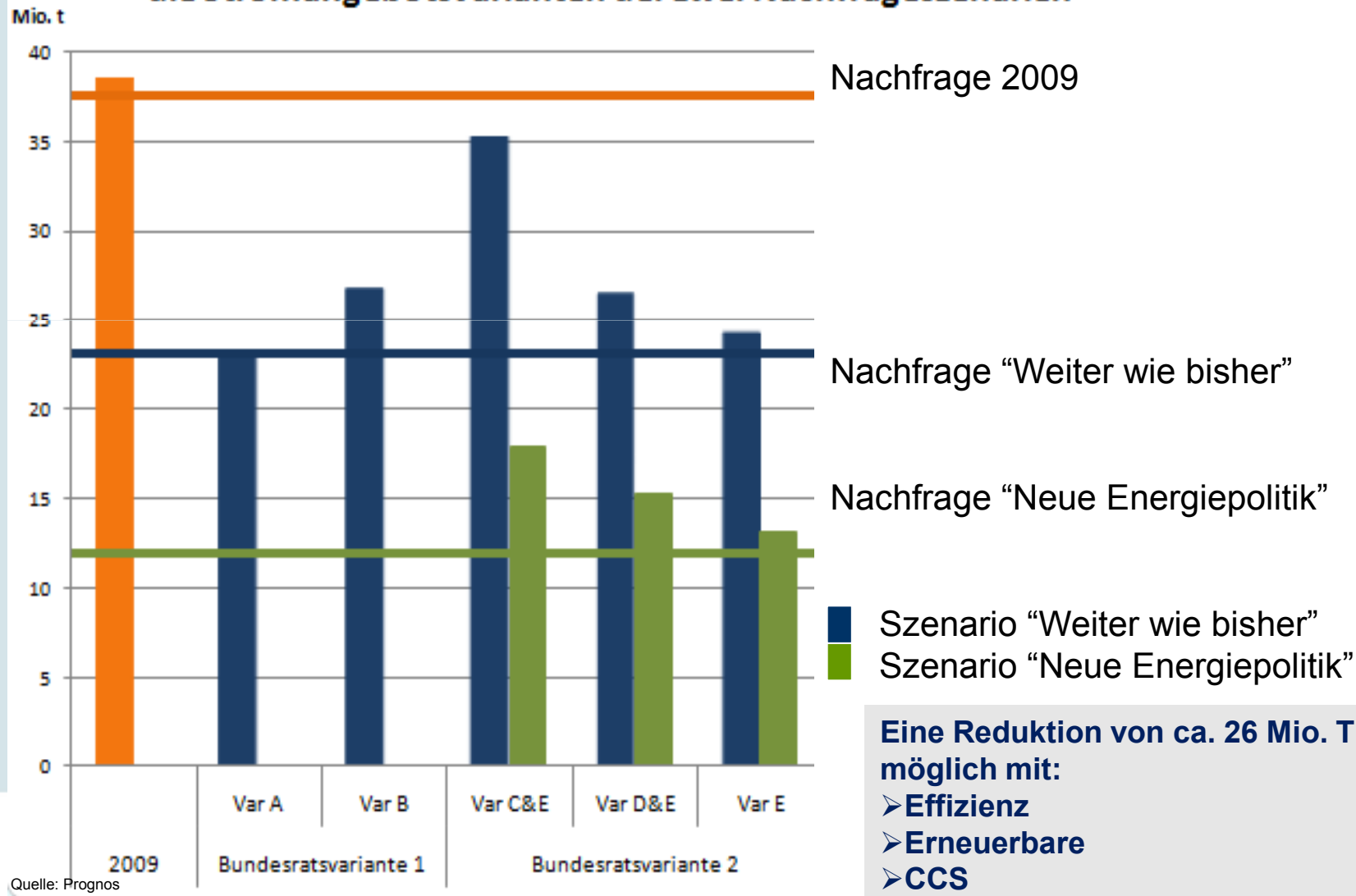
Greenhouse Gas Emissions in Switzerland





CO₂-Emissionen im Jahr 2050 – ambitionierte Ziele

Energiebedingte CO₂-Emissionen heute und im Jahr 2050 für die Stromangebotsvarianten der zwei Nachfrageszenarien

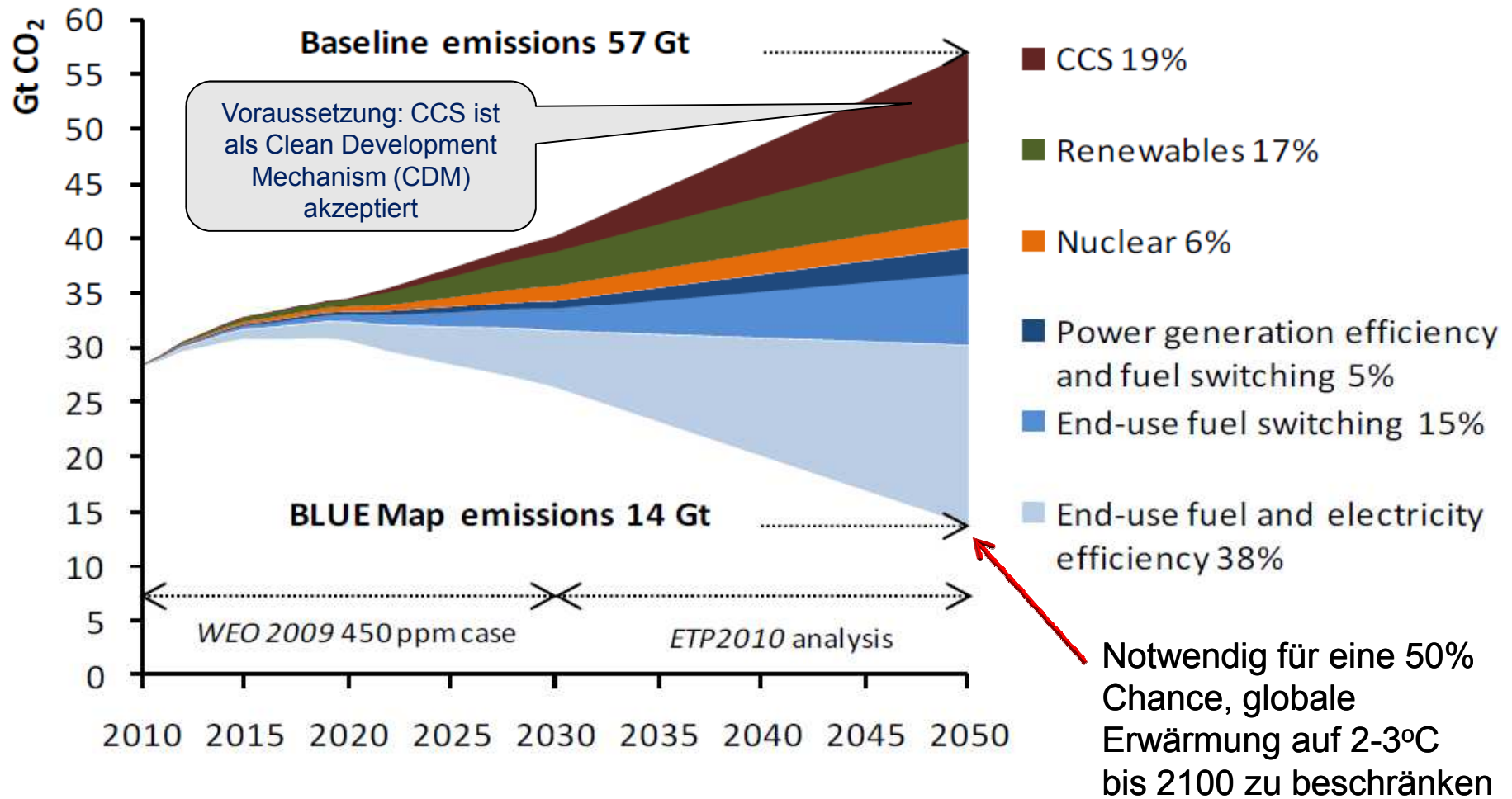


Eine Reduktion von ca. 26 Mio. T CO₂ nur möglich mit:

- Effizienz
- Erneuerbare
- CCS



Globaler Kontext: Optionen CO₂ Emissionen zu senken





Legislative: > 62% Gesamtwirkungsgrad im GuD-Kraftwerk
und 50-70% Kompensation der CO₂ Emissionen im Inland

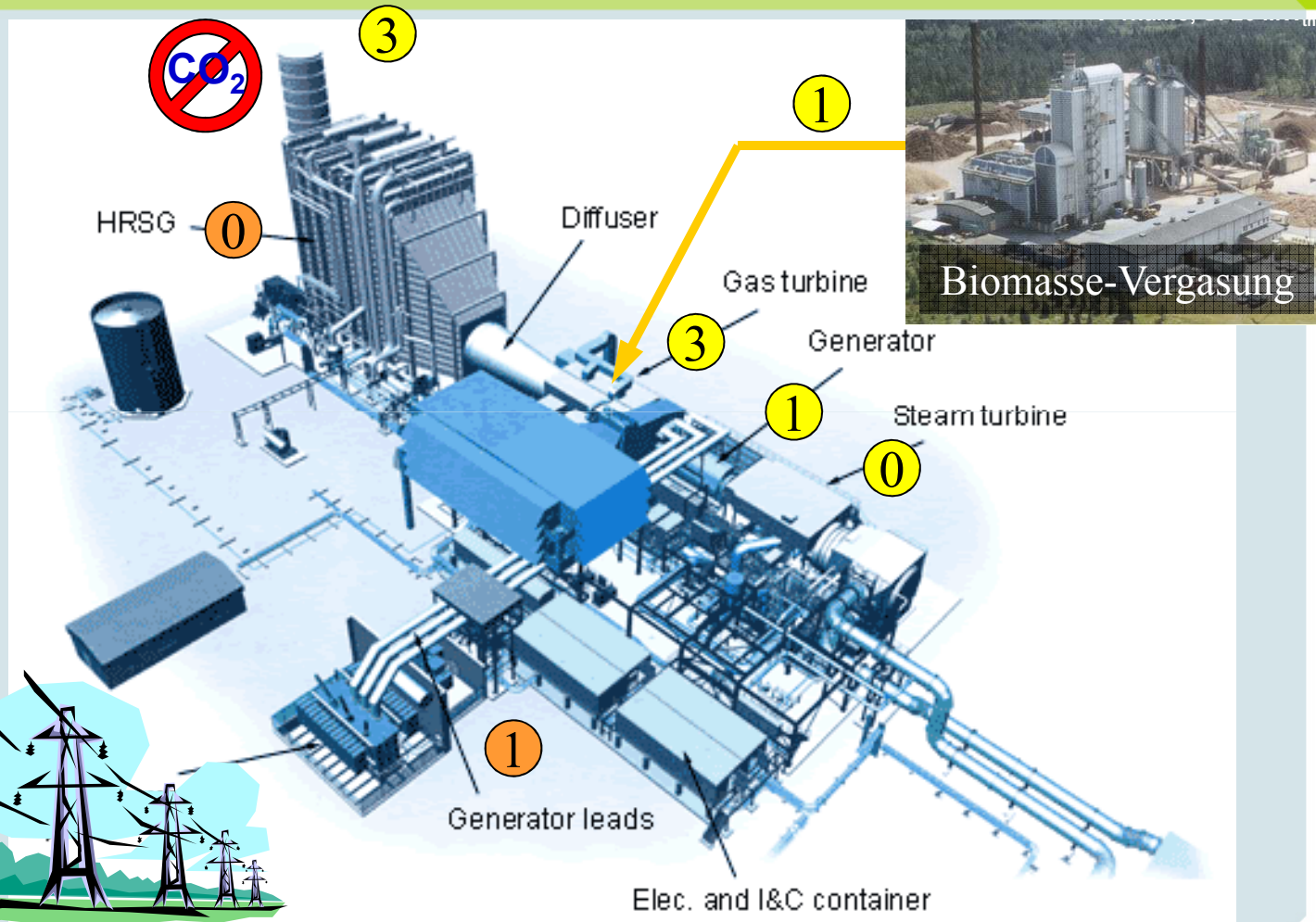
Forschungsprogramm
KW2020 & CCS:

η : 3(5) Projekte

CO₂: 5(3) Projekte

Flex: 1 Projekte

Basics: 0(2) Projekte

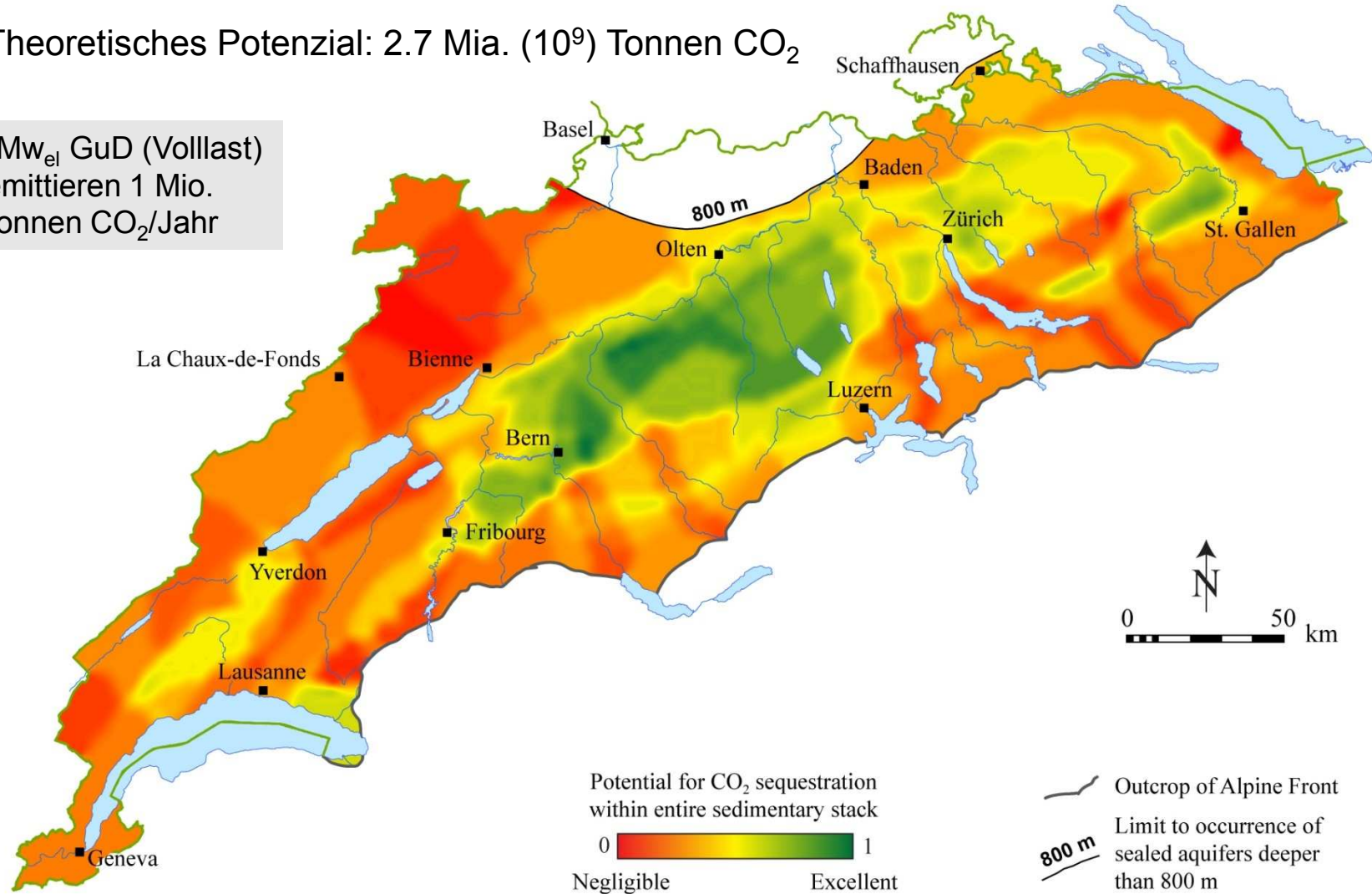




Theoretisches Potenzial CO₂-Sequestrierung im Aquiferstapel

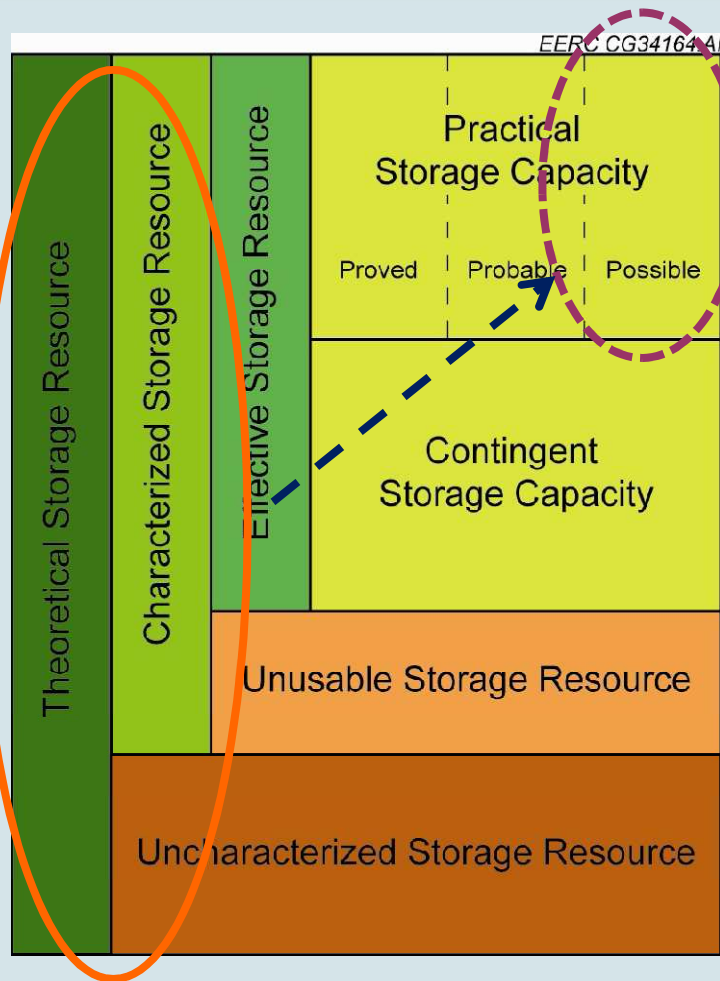
Theoretisches Potenzial: 2.7 Mia. (10⁹) Tonnen CO₂

350 Mw_{el} GuD (Vollast)
emittieren 1 Mio.
Tonnen CO₂/Jahr





Aber Vorsicht: viele verschiedene Potenziale ...



Weitere mehr
standortspezifische Studien
notwendig!

Schlüssel Fragen:

- Technische Machbarkeit (CH)
- Akzeptanz
- Rechtliche Aspekte
-



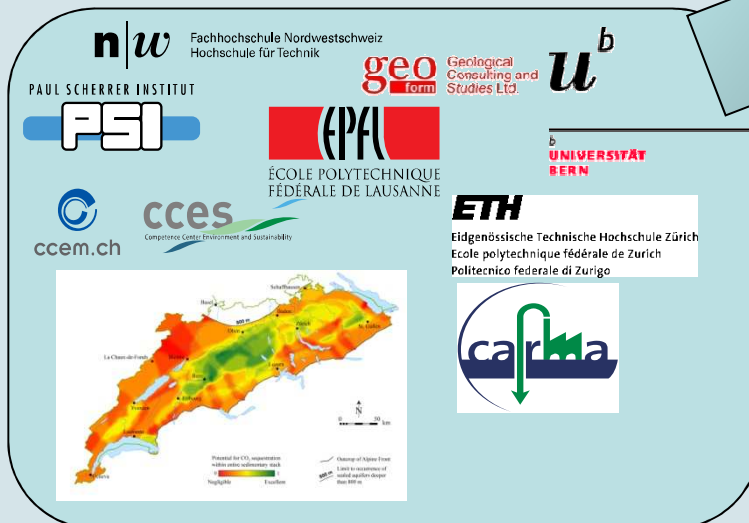
CCS in der Schweiz – Wahrung einer Option

BFE Energieforschung

- will **Information bereitstellen**, damit begründete Entscheidungen getroffen werden können
- will **Optionen** erkunden
- will **Forschungs-, Innovations-, und Wissenschaftsstandort Schweiz** fördern



Mongstad CCS Test Center, Statoil

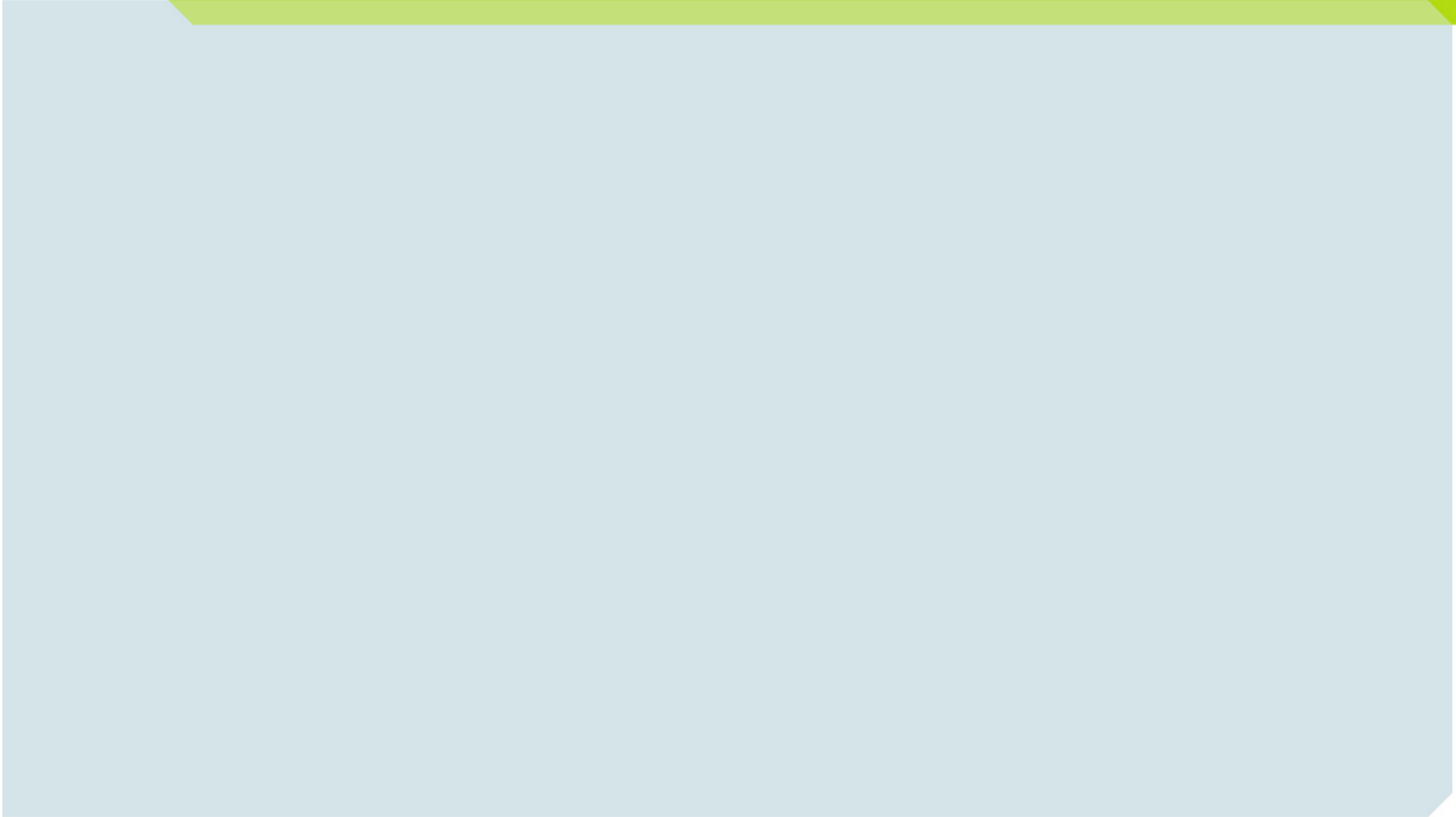


1. Hat die Industrie Interesse die Option zu verfolgen?

2. Sollen Bundesverwaltung (e.g. BFE & BAFU & swisstopo) und Industrie zusammen arbeiten, um die Option weiter zu verfolgen?

„Arbeitsgruppe CCS“

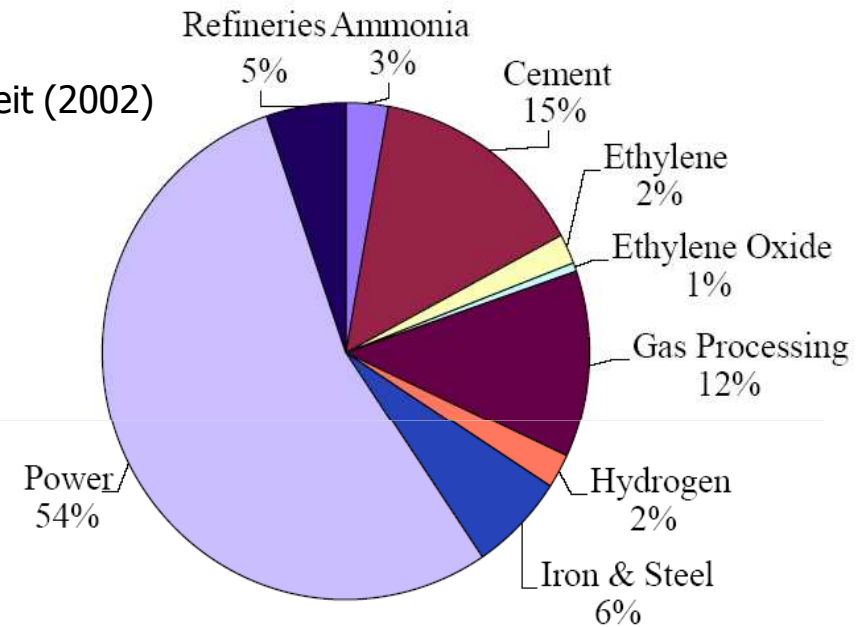
[Anfrage an Zielkantone wahrscheinlich sinnvoll]





CO₂ aus der Strom, Wärme – und Industrieproduktion

Weltweit (2002)



Quelle European Carbon Dioxide Network

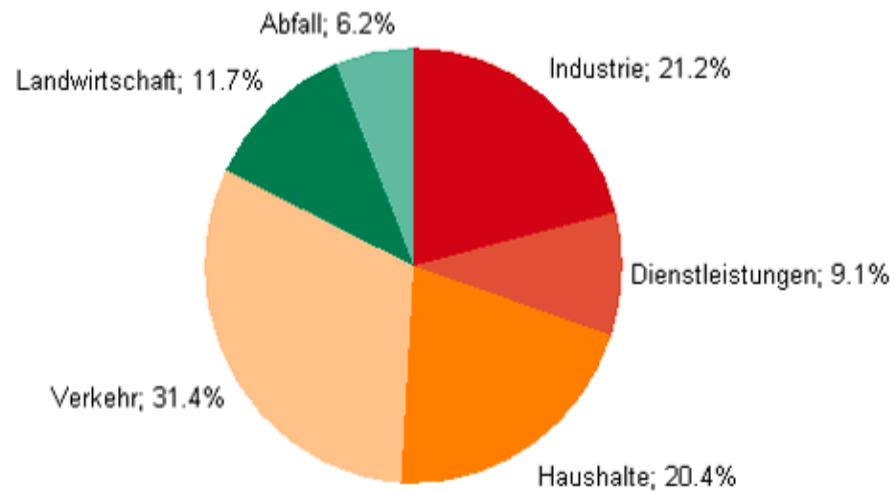
Volumen CO₂ im Prozessabgas:

- Power 3-15%
- Cement 15-30%
- Gas processing 100%
- Iron and steel 15%
- Refineries 3-13%

Quelle European Carbon Dioxide Network

Schweiz

Verursacher der Treibhausgase (2008)



Quelle: <http://www.bafu.admin.ch/klima/00493/index.html?lang=de>

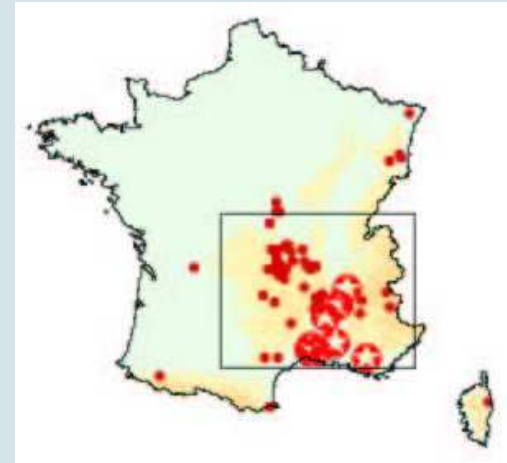
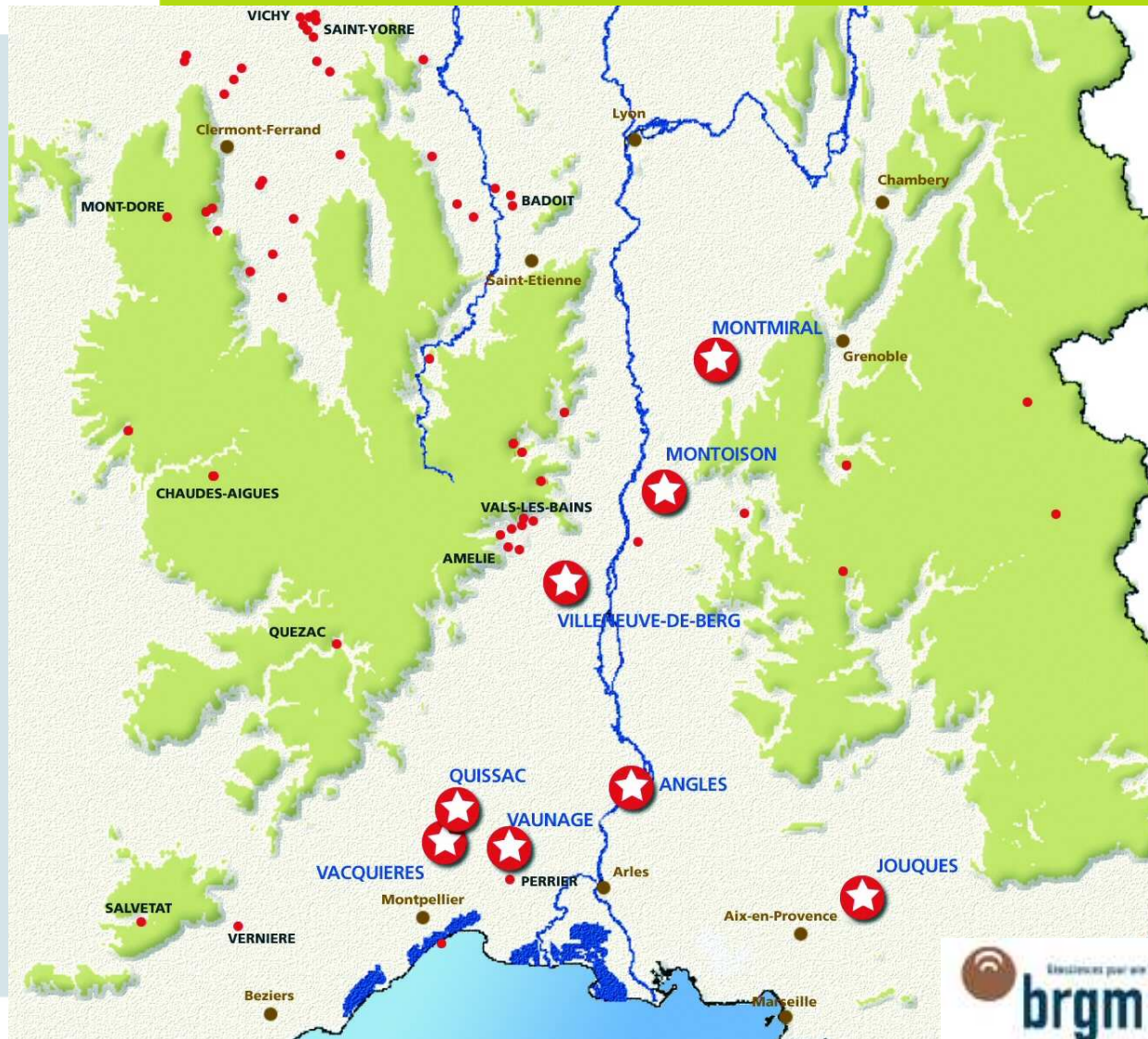


Existing CCS Activity - Capture





Natural CO₂ occurrence in France

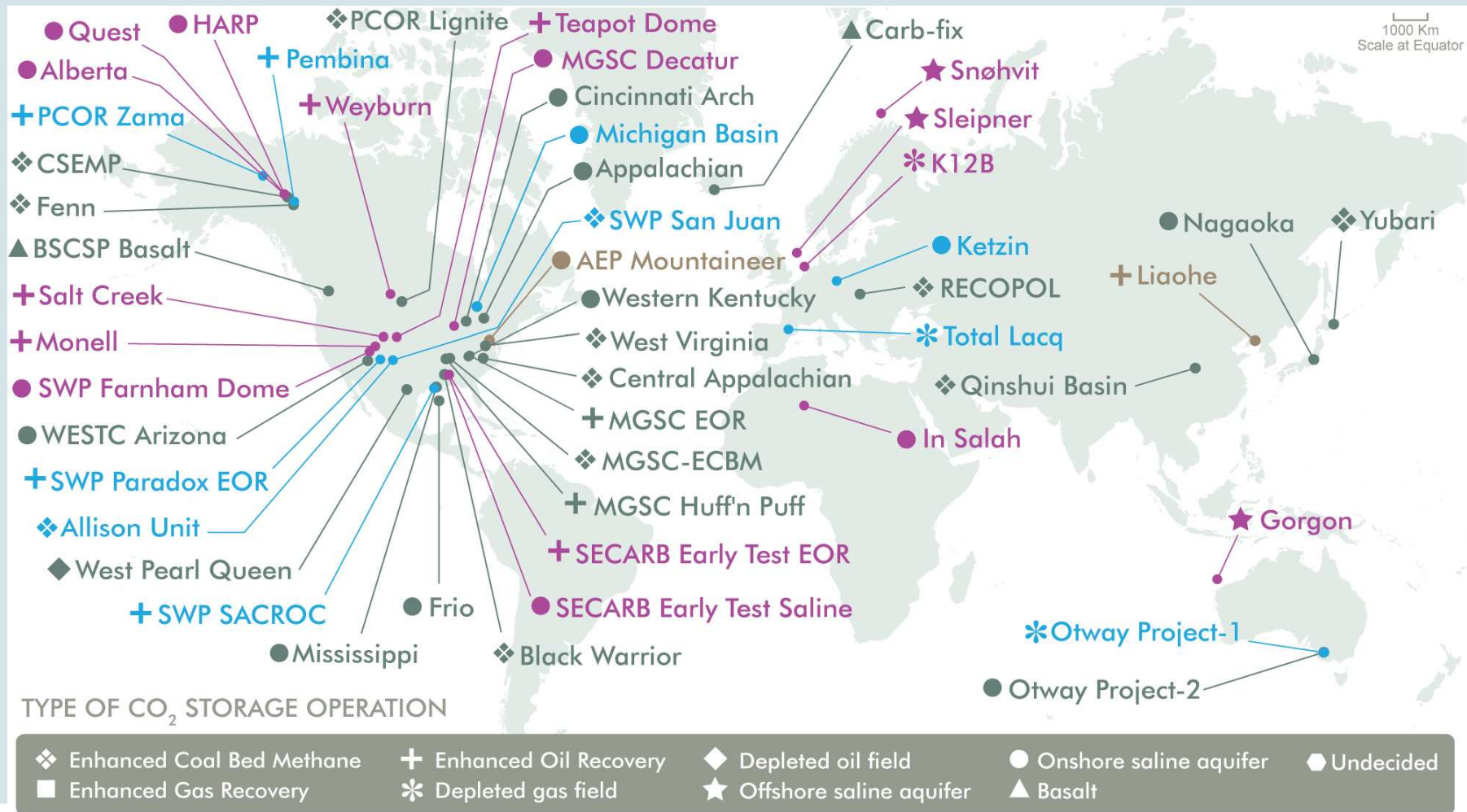


- ★ Natural CO₂ fields
- Exploited carbogaseous waters (mineral water, spa)





Existing CCS Activity - Storage



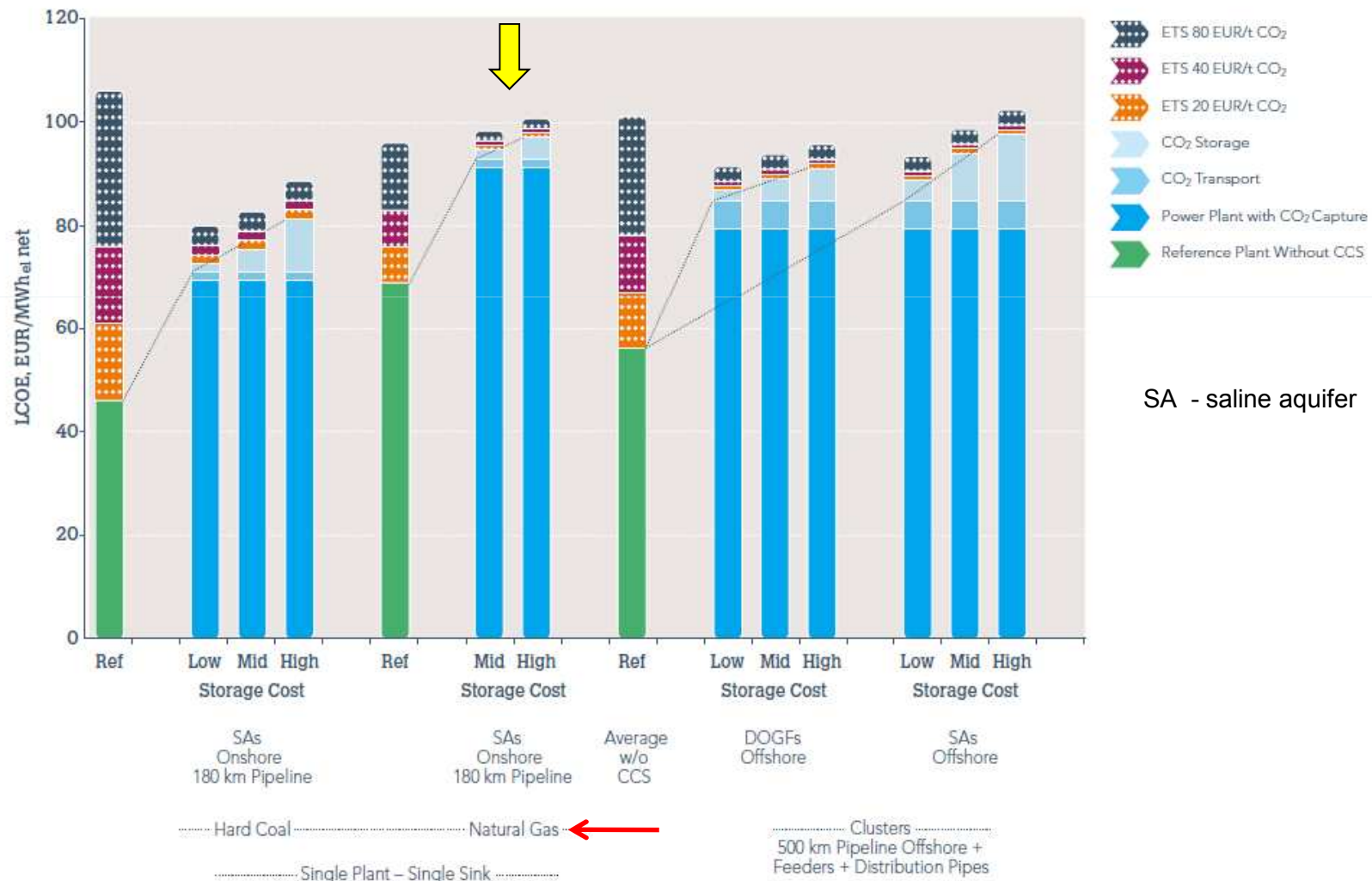
Quelle: IEA Greenhouse Gas R&D Programme

© CO2CRC



Zero Emission Platform der EU – Kostenanalyse 2011

Figure 5: Total LCOE for integrated CCS projects vs. reference plants without CCS (including various assumed costs for EUAs under the EU ETS and using Middle fuel costs)





Folien zur Sicherheit von Sequestrierung



Monitoring

Technique	No of Sites	Positive comments	Negative comments
DH temp/pressure	11		
Surface seismic	10	2	3
Soil gas	9		
Geochemical	8	1	
VSP	8		1
Microseismic	7		1
Gravity	4		1
Crosswell seismic	3	1	1
Electrical Conductivity	3	1	
Satellite	3	1	



Monitoring Experience

- Growing body of evidence to date
- No firm evidence from any of the large scale projects that leakage is occurring from the formation
 - Weyburn (~10years),
 - Sleipner (~14 years),
 - Rangeley (~25 years)
- Only one project has identified any surface seepage – Rangeley
 - Most recent results indicate CO₂ at surface is biologically converted from CH₄ microseepage
- Monitoring lifetimes are short <25 years, but knowledge is building
- Cannot quantify injection volumes or seepage rates at present - yet



Containment

- Literature in public domain suggesting release from Sleipner refuted
- Weyburn – seismic anomaly above immediate caprock but below regional caprock.
 - Very small percentage of injected CO₂
- In-Salah – leakage through old well, not properly abandoned – remedial work successful



Leakage

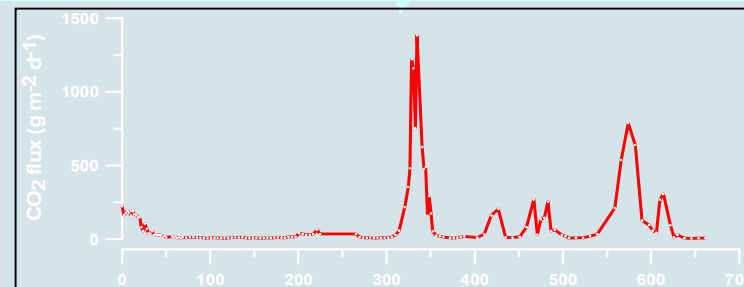
- **Natural analogues** have been used to study environmental impacts of leakage along faults

Ecosystems adapt



The impact of the gas is limited. Schools of fish swim around the gas plume Panarea, Italy. INGV

Latera caldera



CO₂ flux - leakage only at permeable points along faults, Prof Lombardi. URS



The Case of Well Bores

- Early laboratory research indicated significant deterioration of Portland cement integrity after contact with CO₂/brine solutions
- Results did not concur with field sampling of well cements in contact with CO₂
- Several studies of Surface Casing Pressure problems
 - Gulf of Mexico, Canada
- Studies indicate initial completions are key to SCP issue
 - Direct relationship between price of oil and SCP in Canadian study
- Gulf of Mexico incident
- Belt and braces measure – CO₂ resistant cements
- Techniques available to remediate well leakage



Key Questions / Tentative Answers

Is it safe?

- A lot of evidence to suggest there are limited safety issues with CCS
 - Good engineering/operational practise
 - Effective regulatory procedures/controls
 - Ensure monitoring/safety and verification

Will it stay underground?

- Growing body of evidence to suggest it will stay there
 - The underground is not heterogeneous
 - The unexpected is part of the learning curve



Geological storage

- Who is going to map the worlds storage capacity
 - Consistent basis across all continents?
 - Considerable cost?
 - Exploration capacity?
- Technical issues
 - Effect of reservoir pressurisation and impact on storage capacity needs to be assessed
 - Pressure relief?
 - Need to be able to quantify leakage
 - Impacts on ground water resources?
 - Impurities?



Biggest Challenge

- Convincing the sceptics
- Public opinion has stopped a number of storage projects already
- Scientists need to learn how communicate with laymen
 - We have the answers, we need to get the message over clearly!

