



Künftiges Brennstoff- und Technologieportfolio in der Kraftwerkstechnik
40. Kraftwerkstechnisches Kolloquium

Soziale Kosten der Stromerzeugung in Gegenwart und Zukunft bis 2030

Dresden, 15. Oktober 2008

Philipp Preiss

Prof. R. Friedrich, Dr. M. Blesl, V. Klotz, S. Wissel, O. Mayer-Spohn

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

Abteilung Technikfolgenabschätzung und Umwelt (TFU), Universität Stuttgart



Gliederung

- 1. Was sind soziale Kosten, private und externe Kosten?**
- 2. Umweltschäden berechnen → Wirkungspfadansatz**
- 3. Externe Kosten [Euro-Cent pro kWh]**
- 4. Soziale Kosten [Euro-Cent pro kWh]**
- 5. Schlussfolgerungen**



Soziale Kosten

= „volle“ Kosten der Bereitstellung von 1 kWh Strom
= Summe aus privaten und externen Kosten

Wozu?

Entscheidungshilfe, Information, Diskussionsgrundlage:

- Wie kann der zukünftige Strombedarf sinnvoll gedeckt werden?
- Welche Technologien sollten zugebaut werden?
- Welche Technologien sollten wo, wie & wann gefördert werden?
- Welche Technologien sollten mit welchen Auflagen versehen werden?

Welcher Energiemix ist optimal?



Private Kosten

- **Alle Kosten die vom Stromerzeuger getragen werden (ohne Steuern und Subventionen)**
 - + **Investitionen**
 - + **Betrieb und Instandhaltung**
 - + **Brennstoffe und Bereitstellung**
 - + **Rückbau und Entsorgung**
- und**
- **Back-up Kosten (Bereitstellung von Reservekapazitäten)**



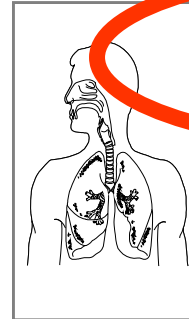
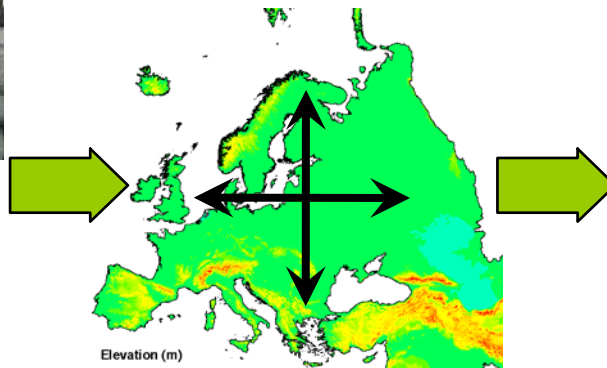
Externe Kosten: Wirkungspfadansatz

phys. Schäden

Emissionen



Transport und
chemische
Umwandlung



+ Gesundheit

Monetäre
Bewertung



+ Gebäudematerialien



+ Treibhauseffekt



+ Feldfrüchte

+ Ökosysteme



**Von Feinstaub, SO₂, NH₃, NO_x & NMVOC Emission in die Luft
- via Ausbreitung und chemische Umwandlung
-- zu delta Konzentration von**

- △ Primäre Partikel mit Durchmesser unter 2.5 µm und bis zu 10 µm
- △ Sekundäre Inorganische Aerosole (SIA) – Ammoniumnitrate & -sulfate
- △ Ozone (SOMO35: sum over means of 35 ppb)
- △ Deposition von oxidiertem und reduziertem Stickstoff & oxi. Schwefel

Weitere Stoffe:

THG, POPs, Dioxine, Radionuklide & Schwermetalle



Berechnung von phys. Schäden und Kosten

Beziehung zw. Umwelteinwirkung und Umweltauswirkung

Konzentrations-Wirkungsbeziehung:

Beispiel:

zusätzliche verlorene Lebensjahre (Years of Life Lost = YOLL)
$$= 6.5 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta \text{conc. PPM2.5} \cdot \text{Bevölkerung}$$

**Emissionen von Feinstaub PPM2.5 in Europa führen zu
reduzierter Lebenserwartung**

von 0.01 bis 15 verlorene Lebensjahre pro Tonne.

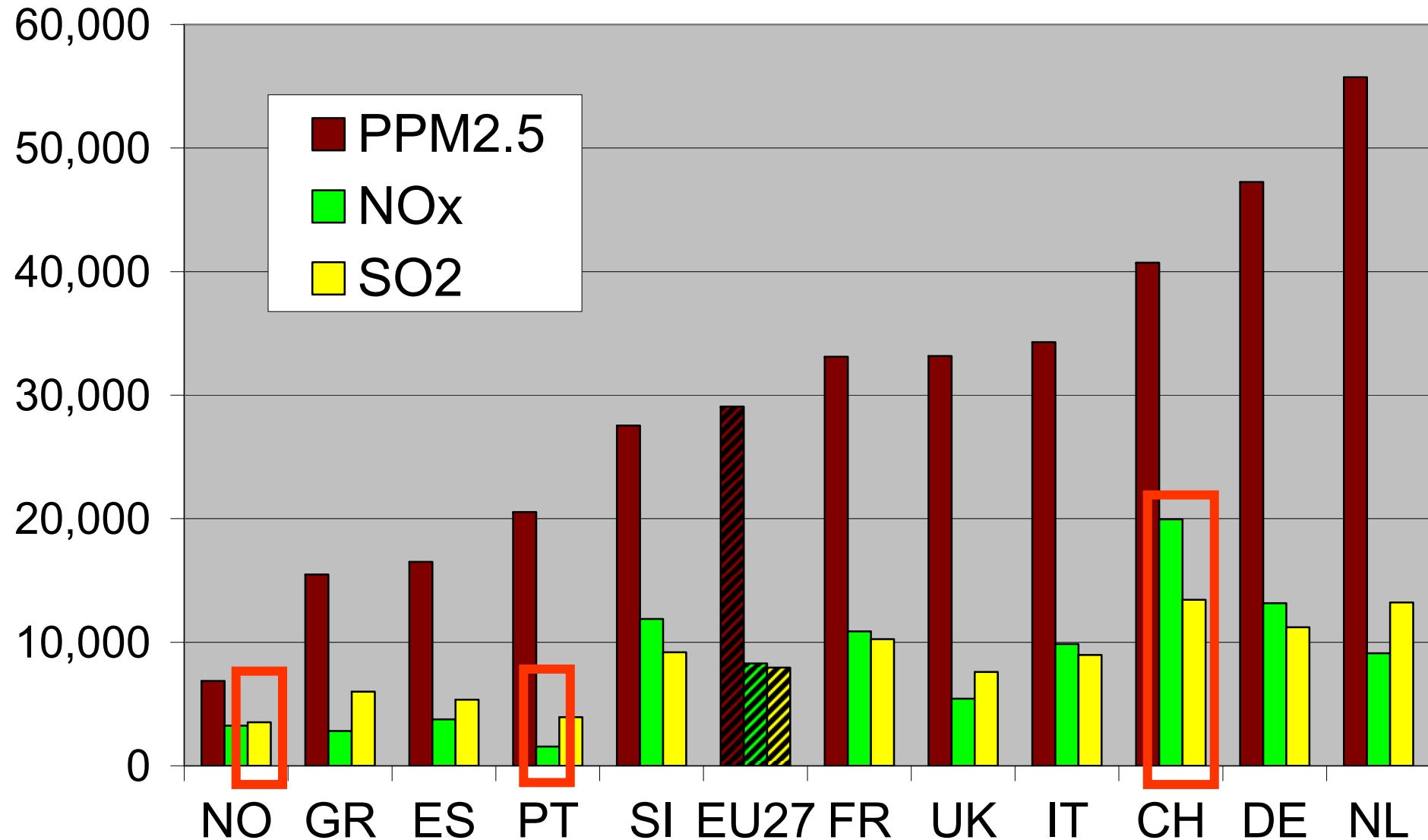


Gesellschaftliche Kosten von Gesundheitsschäden

Health end-points	Euro per case / per YOLL
Increased mortality risk (infants)	3,000,000
New cases of chronic bronchitis	200,000
Increased mortality risk - YOLLacute	60,000
Life expectancy reduction - YOLLchronic	40,000
Respiratory hospital admissions	2,000
Cardiac hospital admissions	2,000
Work loss days (WLD)	295
netto Restricted activity days (netRADs)	130
Minor restricted activity days (MRAD)	38
Lower respiratory symptoms	38
LRS excluding cough	38
Cough days	38
Medication use / bronchodilator use	1



Durchschnittliche externe Kosten [Euro pro Tonne]





Welche Effekte sind nicht enthalten ?

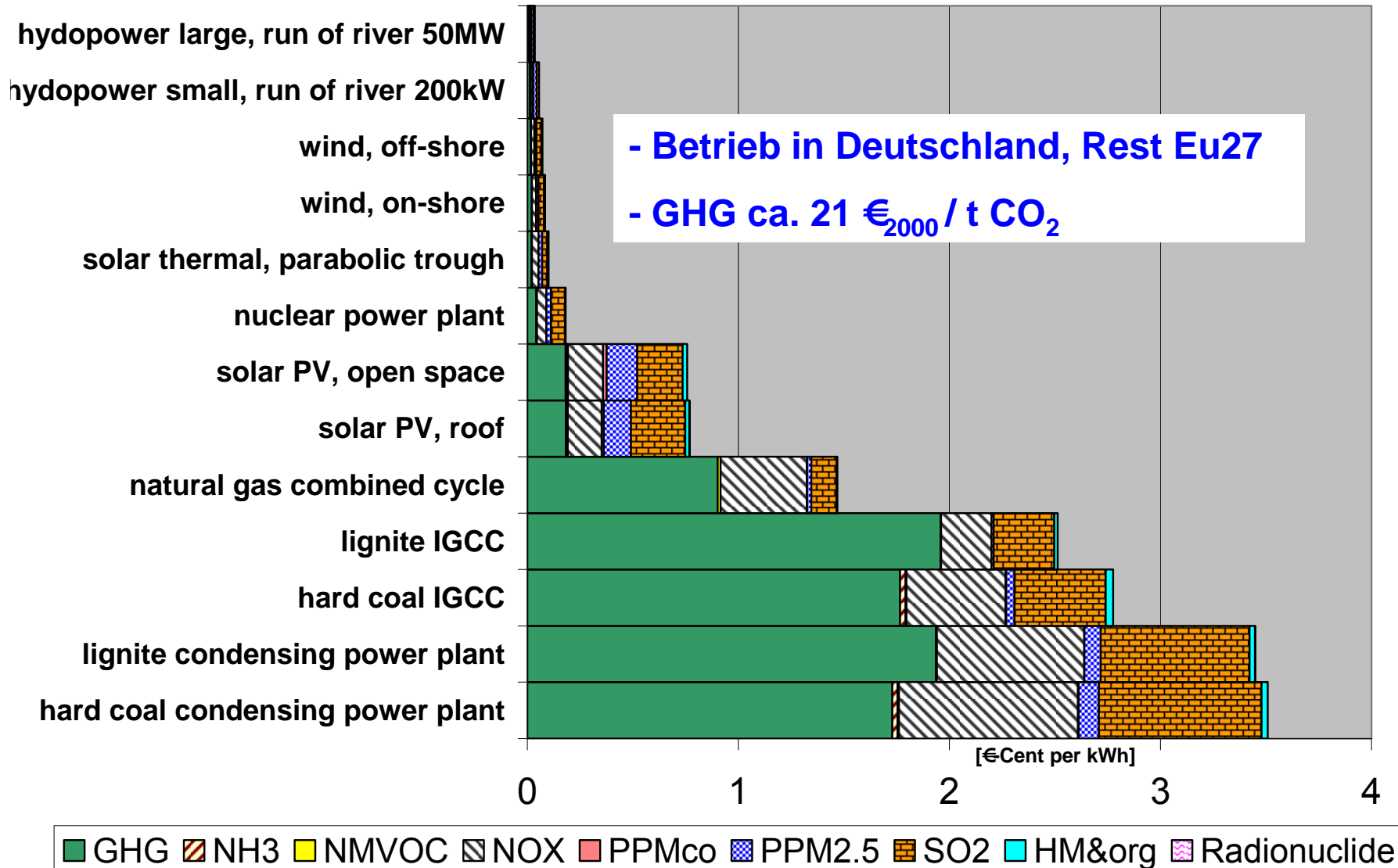
- **Beschäftigungseffekt – Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt**
- **Ressourcenverbrauch (Öl, Gas, Kupfer, etc, ...)**
- **Forschung und Entwicklung („sunk costs“)**
- **Einkommensverteilung**
- **Lokale Ökosysteme (bereits in Umweltverträglichkeitsstudie untersucht und, zumindest teilweise, kompensiert)**

.... sollten aber....

- **Sichteinschränkung, Veränderungen des Landschaftsbilds**
- **Bewertung von “Damokles Risiken“ (Risiko Aversion)**
- **Risiko von Terrorismus und Proliferation**

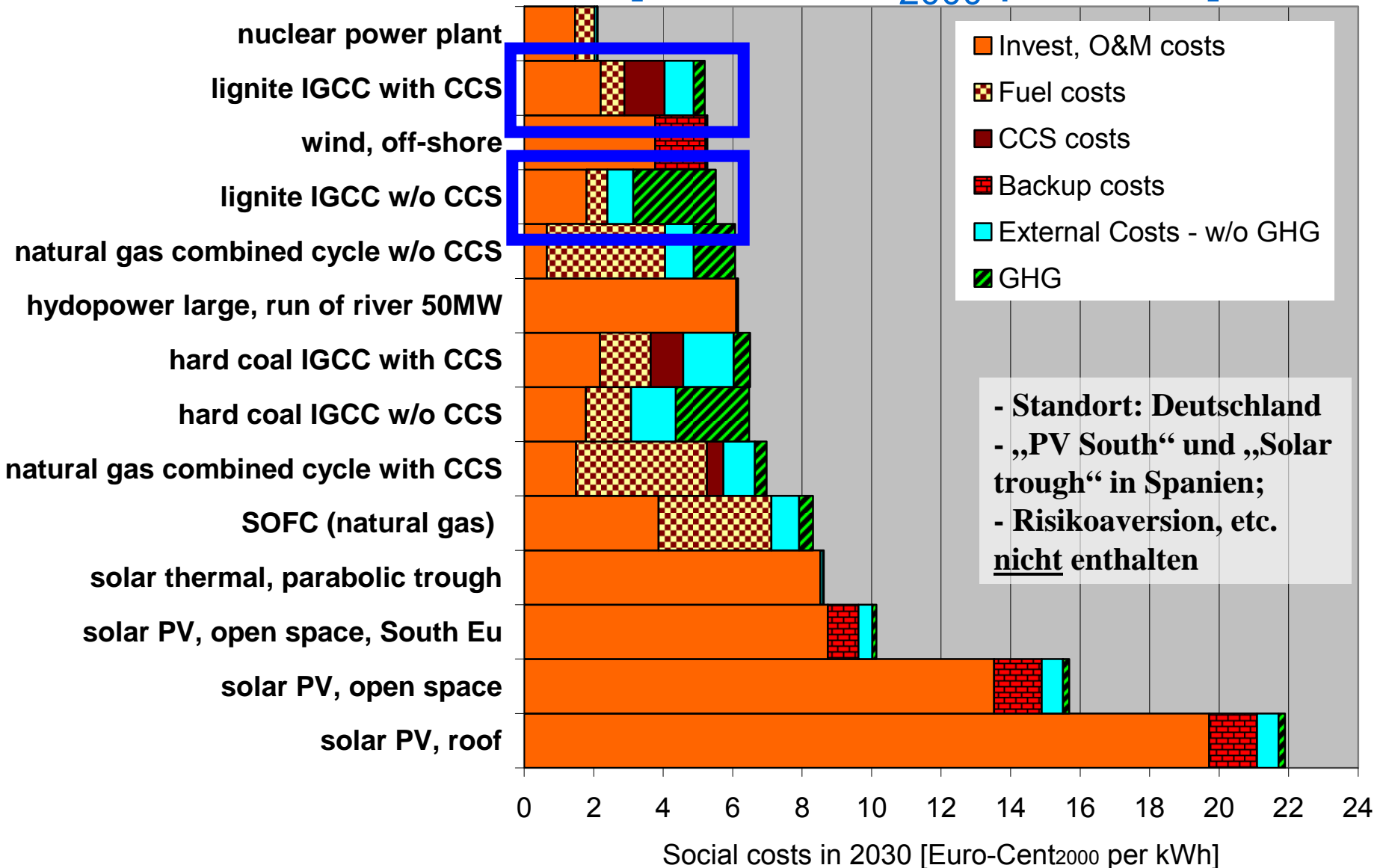


Externe Kosten [Euro-Cent₂₀₀₀ per kWh_{el}] (Gegenwart)





Soziale Kosten 2030 in [Euro-Cent₂₀₀₀ pro kWh]



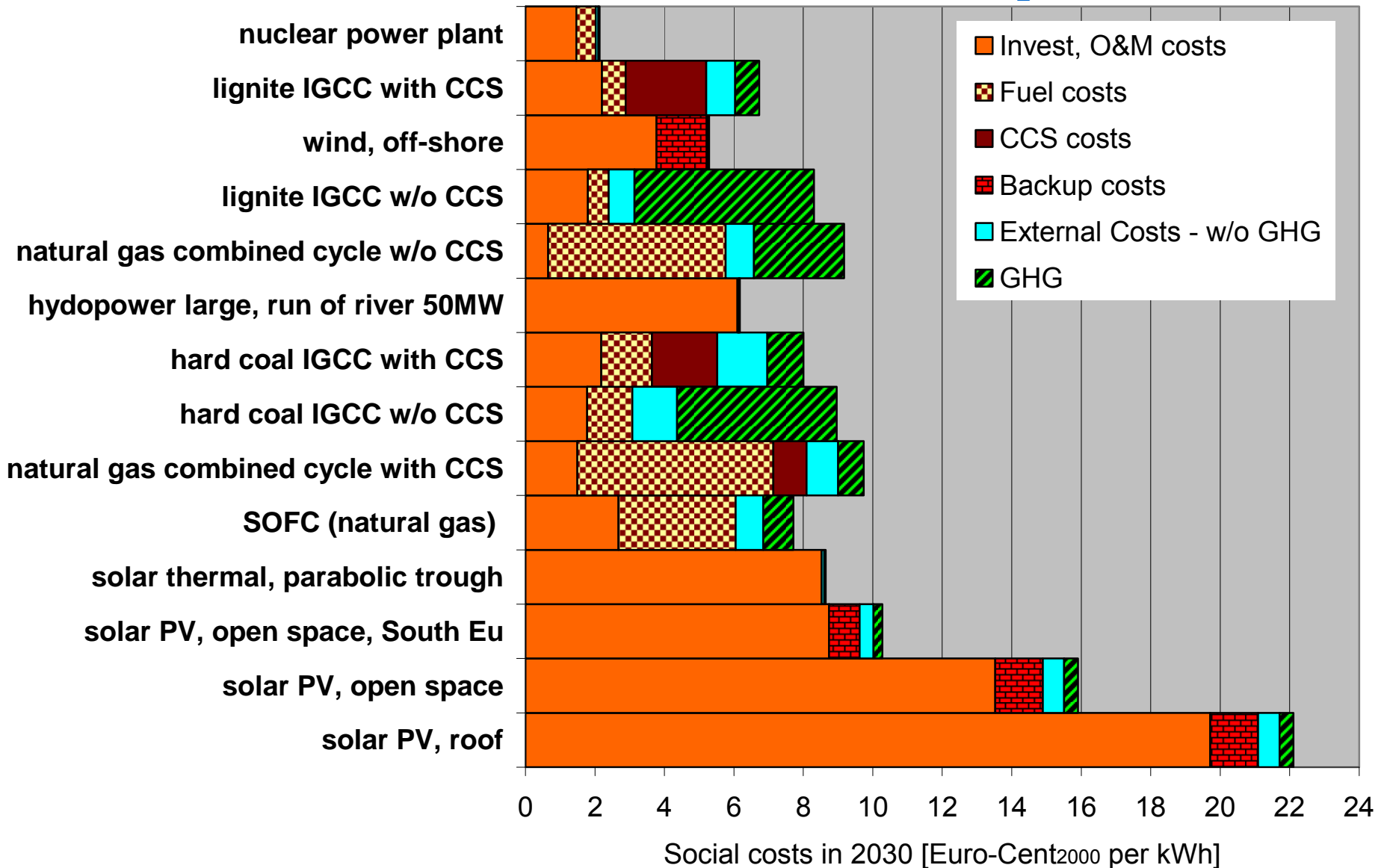


Sensitivitätsanalyse

- **Externe Kosten Treibhausgase (THG):**
Ziel (Kyoto 2010; -20% 2020) = 30.5 €₂₀₀₀/t CO₂ 2030
vs.
max 2° in 2100 = 67 €₂₀₀₀/t CO₂
- **Erdgaspreis: 2 Projektionen**
2030 ca 70 \$/bl – ca 105 \$/bl
- **Kosten für Transport und Lagerung (CTS) von CO₂:**
15 €/t CO₂ - 30 €/t CO₂



Soziale Kosten 2030, CTS 30 & THG 67 €/t CO₂ & Gaspreis +50%





Schlussfolgerungen (I)

- **Kernenergie, Wind and Wasser haben die geringsten sozialen Kosten. Die potentiale von Wind und Wasser sind jedoch beschränkt. Wind benötigt zusätzlich back-up Kraftwerke, z.B. Gas- oder Kohlekraftwerke.
Kernenergie (EPR heute, „Generation IV“ in Zukunft) hat in einigen Ländern Akzeptanzprobleme (Risikoaversion).**
- **Braunkohle wird weiterhin ein wichtige Rolle spielen. Steinkohle ebenfalls, wenn CCS Kosten geringer sind als die Kosten der angestrebten Vermeidungszielen**
- **KWK ist sinnvoll, wenn der Wärmebedarf hoch genug ist.**
- **KWK mit Biomasse ist sinnvoll solange kein Konflikt mit Nahrungsmittelproduktion entsteht.**



Schlussfolgerungen (II)

- **Erdgas wird nur wichtig sein um Kohle zu ersetzen, wenn die Preise für Erdgas und Öl auf einem moderaten Level bleiben – dann aber ohne CCS. Dann werden eventuell auch rel. kleine Brennstoffzellen vorteilhaft im Vergleich mit Großanlagen sein.**
- **Strombereitstellung durch Solarenergie hat auch 2030 noch die höchsten sozialen Kosten.**
- **In mediterranen Ländern wären Solar-Thermale Anlagen, nach Kohle und Gas die nächstbeste Option (stark abhängig von Klimazielen und von Kosten und Potentialen der CCS).**
- **PV-Systems können noch keinen großen Beitrag zur Stromversorgung leisten, da die soziale Kosten (wenn nicht entscheidende, unvorhergesehene technologische Fortschritte gemacht werden) zu hoch sind.**



Online Computer Tool zur Berechnung von externen Kosten

<http://EcoSenseWeb.ier.uni-stuttgart.de>

EcoSenseWeb

Legal Notice

Contact

login:

password:

Login

Register

OVERVIEW

STRUCTURE

EXAMPLE

I/O DATA

HOW TO GET

OVERVIEW

EcoSenseWeb
Pathway Approach
heat production
EcoSense was
pollutants, na
EcoSenseWeb
some of the r
Impacts of 'classical' pollutants are calculated on different spatial scales, i.e. local (50 km around the emission source), regional (Europe-wide) and (northern) hemispheric scale.
The version EcoSenseWeb has a web-based user interface and was developed within the European Commission projects NEEDS and CASES.

The EcoSenseWeb and the calculation of external costs follow as far as possible the so called Impact Pathway Approach (IPA). The IPA, a bottom-up approach, is depicted in Figure 1. The IPA starts with the emission of a pollutant at the location of the source into the environment; models its dispersion and chemical transformation in the different environmental media; identifies the exposure of the receptors and calculates the related impacts which then are aggregated to external costs.

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit

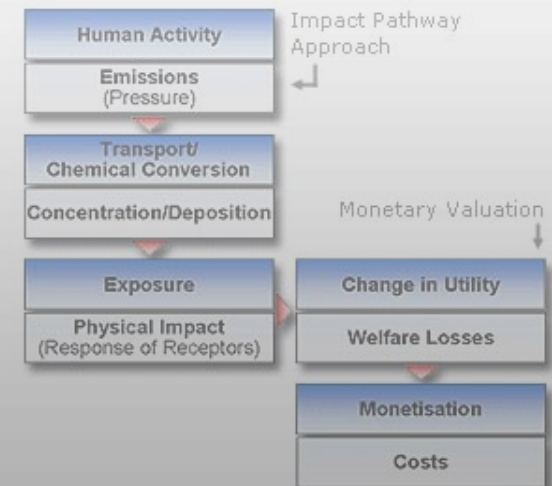


Fig. 1: Impact Pathway Approach.