

## Roadmap 2050 – Wege zu CO<sub>2</sub>-freiem Strom

### Inhalt:

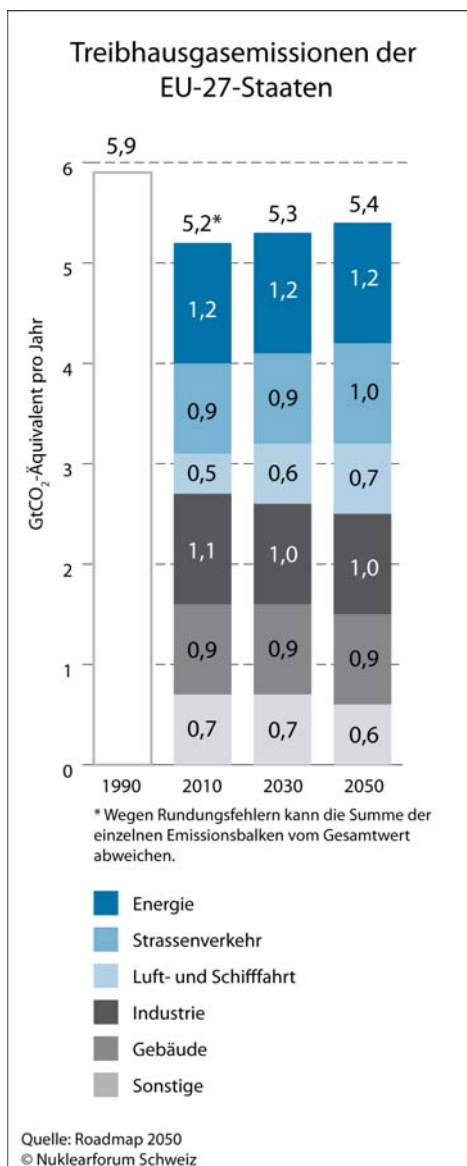
<a href="#">Einleitung</a>	2
<a href="#">Resultate – drei Szenarien und eine «zusätzliche Option»</a>	3
<a href="#">Rolle der Kernenergie</a>	4
<a href="#">Kosten</a>	5
<a href="#">Fülle von weiteren Massnahmen nötig</a>	5
<a href="#">Politik</a>	6
<a href="#">Formales</a>	7
<a href="#">Fazit</a>	8

### Grafiken:

<a href="#">Treibhausgasemissionen der EU-27-Staaten</a>	2
<a href="#">Strommix der einzelnen Roadmap-2050-Szenarien</a>	4
<a href="#">Benötigte Investitionen in die Stromproduktion für die einzelnen Szenarien</a>	5
<a href="#">Interregionale Übertragungskapazitäten heute und in 40 Jahren</a>	8

## Roadmap 2050 – Wege zu CO<sub>2</sub>-freiem Strom

Die «Roadmap 2050» der European Climate Foundation kommt zum Schluss, dass es möglich ist, bis ins Jahr 2050 in Europa die Treibhausgasemissionen um 80% zu reduzieren. Grundvoraussetzung dafür ist eine beinahe vollständig dekarbonisierte Stromerzeugung. Das geht nicht ohne massive Investitionen in Produktionsstätten und Übertragungsnetze, die ihrerseits tief greifende energiepolitische und wirtschaftliche Veränderungen bedingen. Ohne Kernenergie wird das ganze Vorhaben noch umständlicher.



«Roadmap 2050: practical guide to a prosperous, low-carbon Europe» (Handbuch für ein wohlhabendes, CO<sub>2</sub>-armes Europa) – unter diesem ambitionierten Titel veröffentlichte die European Climate Foundation (ECF) Mitte April 2010 eine umfangreiche Studie zu einer klimafreundlichen europäischen Energieerzeugung. Ausgangspunkt der Studie ist der Entscheid der Europäischen Union und der G8-Staaten, bis ins Jahr 2050 die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um mindestens 80% zu reduzieren. Eine solche Verminderung ist laut ECF nur realisierbar, wenn der Energiesektor zu 80 bis 95% «dekarbonisiert», also auf CO<sub>2</sub>-arme beziehungsweise CO<sub>2</sub>-freie Produktion umgestellt wird. Diesen Umstand setzt die Roadmap 2050 als Endzustand voraus und zeigt verschiedene Wege zum Ziel auf. Es handelt sich hier demzufolge ausdrücklich nicht um eine Prognose sondern vielmehr um eine «Diskussion der Machbarkeit und der Herausforderungen».

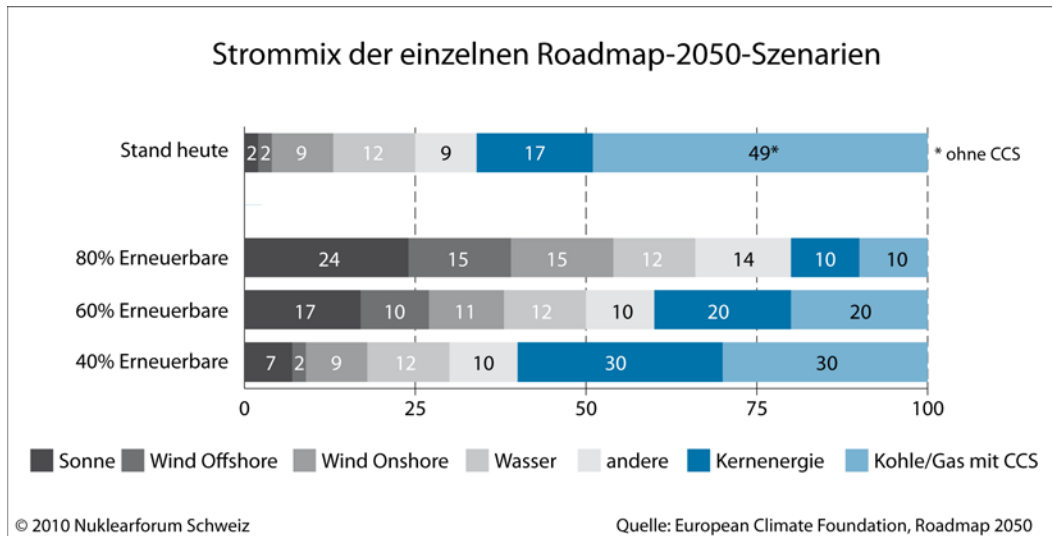
Die technische Machbarkeit zeigt die Studie mit drei Szenarien und einer «weiteren Möglichkeit» auf. Die Herausforderungen sind in allen Szenarien gross:

Neben einschneidenden Massnahmen in sämtlichen Bereichen ist eine komplette Umstrukturierung des europäischen Energiesystems Voraussetzung dafür. Das bedingt ein drastisches Umdenken in Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit.

### **Resultate – drei Szenarien und eine «zusätzliche Option»**

Die Roadmap 2050 geht von einem Basisszenario aus, bei dem aufgrund heutiger Verhältnisse Hochrechnungen für die Entwicklungen bis ins Jahr 2050 angestellt werden. Diese so genannte «Baseline» stützt unter anderem auf den «World Energy Outlook 2009» der IEA (IEA WEO 2009) und von Oxford Economics berechnete Trends. Sie setzt voraus, dass die aktuelle europäische Klimapolitik unverändert durchgesetzt wird. Unter diesen Umständen prognostiziert die ECF einen leichten Anstieg der Treibhausgasemissionen (5,4 GtCO<sub>2</sub>e in 2050 gegenüber 5,2 in 2010).

Der Stromproduktionsmix der Baseline beinhaltet 49% aus fossilen Quellen ohne «Carbon Capture and Storage»-Technologie (CCS), 34% aus Erneuerbaren und einen Nuklearanteil von 17%. Ebenda setzt die Roadmap den Hebel an und zeigt verschiedene Szenarien mit unterschiedlichem Strommix auf, die alle zu einer Dekarbonisierung der Energieerzeugung führen. Drei Szenarien werden erörtert: 40% Erneuerbare und jeweils 30% Kernenergie beziehungsweise Kohle und Gas mit CCS, 60% Erneuerbare und jeweils 20% Kernenergie beziehungsweise Kohle und Gas mit CCS sowie 80% Erneuerbare und jeweils 10% Kernenergie beziehungsweise Kohle und Gas mit CCS. Daneben widmet die ECF einer «zusätzlichen Option» ein ganzes Kapitel: einem Szenario, bei dem der Strom zu 100% aus erneuerbaren Quellen stammt. Bei dieser Option werden die 20% Strom, die im Szenario mit dem höchsten Anteil an Erneuerbaren mit Kern- und Kohlekraftwerken erzeugt werden, zu 15% aus Solarkraftwerken in Nordafrika stammen und wären zu 5% auf einen – hypothetischen – technischen Durchbruch im Bereich der Geothermie zurückzuführen. Das gegenwärtige Potential konventioneller Geothermie wird in der Studie auf rund 2% des europäischen Strombedarfs geschätzt.

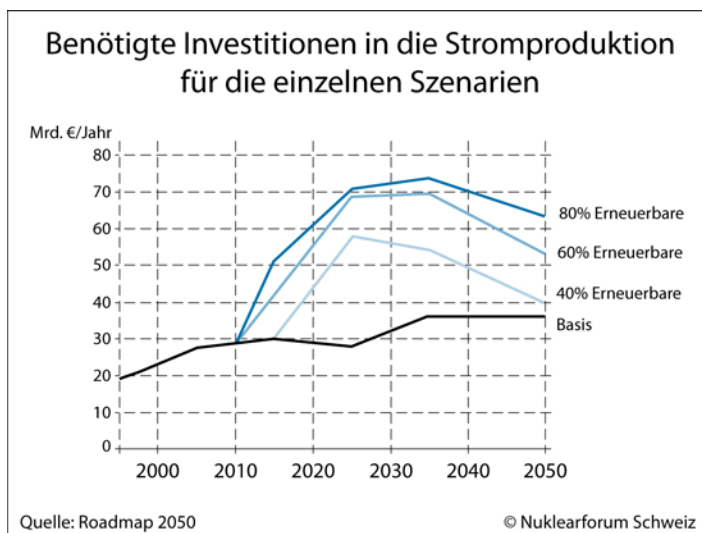


## Rolle der Kernenergie

Die Kernenergie wird in der ganzen Studie als nicht-fossile Stromerzeugungstechnologie mit tiefem CO<sub>2</sub>-Ausstoss betrachtet. In den drei Szenarien ist sie mit einem Anteil am Strommix zwischen 10 und 30% vertreten. Kernkraftwerken werden hohe Fixkosten und eine hohe Verfügbarkeit zugeschrieben. Weiter geht die ECF davon aus, dass die Nuklearindustrie keine Probleme haben wird, die für alle Szenarien nötige Weiterentwicklung sicherzustellen. Ebenso betrachtet sie weder die Verfügbarkeit von Uran noch den Uranpreis in keinem der Szenarien als einschränkende Faktoren. Letzterer macht nur einen Bruchteil der Gesamtkosten aus. Die Frage der Langzeitlagerung hochaktiver Abfälle blendet die Studie allerdings aus. Die Kernenergie macht heute rund 30% der europäischen Stromproduktion aus. Zwar sei die Stromversorgung Europas im Jahr 2050 auch ohne Kernenergie und Kohle möglich, jedoch explizit nur unter der Voraussetzung, dass bis dann 15% des europäischen Stroms aus Sonnenkraftwerken in Nordafrika importiert werden können und die Geothermie einen technologischen Durchbruch erlebt. Im Szenario mit einem Anteil erneuerbarer Stromquellen von 40% müssten in Kernkraftwerken jährlich 1500 TWh Strom produziert werden (heute rund 1000 TWh). Das würde unter dem Strich bedingen, dass spätestens 2040 mit dem Bau von gut hundert Kernkraftwerken begonnen werden müsste. Dagegen müsste im Szenario mit 80% aus Erneuerbaren nur rund die Hälfte der aktuellen nuklearen Produktion ersetzt werden. Bei den Neubauten geht die ECF von Reaktoren der dritten Generation aus, die gegenüber ihren Vorgängern technologische Verbesserungen aufweisen.

## Kosten

Auf Kostenseite kann grob zusammengefasst werden, dass sowohl Stromerzeugungskosten als auch Investitionskosten umso tiefer sind, je höher der Anteil der Kernenergie am Strommix ist. Die nivellierten Stromerzeugungskosten («Levelised Costs of Electricity») liegen 2050 beim 30%-Kernenergie-Szenario zwischen 70 und 80 Euro/MWh und beim 10%-Kernenergie-Szenario zwischen 70 und 100 Euro/MWh.



Punkto Investitionskosten ist dieser Unterschied einerseits darauf zurückzuführen, dass grundsätzlich höhere Reserve- und Ausgleichskapazitäten nötig sind, je grösser der Anteil an Erneuerbaren ist, da diese nicht permanent verfügbar sind. Anders gesagt: Stammen 30% des europäischen Stroms aus Kernkraftwerken, beträgt die insgesamt erforderliche

Kapazität 1280 GW, wogegen bei nur 10% aus Kernkraftwerken über 2000 GW Gesamtkapazität nötig sind. Andererseits hängen die Kosten auch mit dem Ausbau der Übertragungsnetze zusammen. In beiden Bereichen wären für das 80%-Erneuerbare-Szenario signifikant höhere Investitionen erforderlich als dies bei einem tieferen Anteil Erneuerbarer der Fall wäre. In Zahlen ausgedrückt: Bei 30% Kernenergie und ohne Bedarfslenkung müsste dreimal weniger in zusätzliche Übertragungskapazität (EUR 53 Mrd.) und nur rund 70% (EUR 93 Mrd.) in Reserve- und Ausgleichskapazitäten investiert werden wie bei 10% Kernenergie (EUR 182 Mrd. resp. 131 Mrd.).

## Fülle von weiteren Massnahmen nötig

Über die beschriebene Dekarbonisierung der Energieerzeugung hinaus müssen zur Erreichung des Reduktionsziels von 80% auch in anderen Sektoren einschneidende Massnahmen realisiert werden. Einige dieser Massnahmen sind laut der Studie bereits in der «McKinsey Global GHG Abatement Cost Curve» oder im IEA WEO 2009 identifiziert worden. Zusätzlich wird beispielsweise im Industriesektor vorausgesetzt, dass seine Energieeffizienz erheblich verbessert wird. Von der Schwerindustrie erwartet die ECF ausserdem, dass bis

2050 die Hälfte aller Betriebe die CCS-Technologie anwendet. Im Strassenverkehr sollen zusätzlich zu im Referenzszenario enthaltenen «signifikanten Verbesserungen» eine Reduktion von Treibhausgasemissionen um 20% erreicht werden, bei Luft- und Schifffahrt eine zusätzliche Reduktion um 30%. Das Bauwesen muss seine direkten Ausstösse mit Energieeffizienzmassnahmen um 45% reduzieren, die Abfallbewirtschaftung muss komplett CO<sub>2</sub>-neutral werden und die Landwirtschaft ihre Emissionen ebenfalls um 20% senken. Damit nicht genug: Neben der Treibhausgasfreien Stromproduktion und den erwähnten Massnahmen ist in sämtlichen Bereichen ein flächendeckender Ersatz von fossilen Treibstoffen durch «saubere» Technologien notwendig (z.B. Biomasse, Wasserstoff oder dekarbonisierter Strom).

### **Politik**

Was die ECF im ersten Band der Roadmap-Studie mehrfach andeutet, wird im zweiten vertieft ausgeführt: Die von ihr vorgeschlagenen Massnahmen sind ohne breite Unterstützung der Politik nicht durchsetzbar. Davon ausgehend listet sie eine Reihe von Empfehlungen an die Politik auf EU-Ebene und an die Regierungen der Mitgliedsstaaten auf.

Um das Ziel einer Emissionsreduktion von 80% bis 2050 zu erreichen, müsse die EU selbst gemäss der Roadmap 2050 zuallererst die Energieeffizienz «dramatisch steigern». Dafür müsse sie das bis anhin nicht bindende Effizienzziel für 2020 zur Vorschrift machen, die entsprechenden Richtlinien revidieren, verschärfen und durchsetzen sowie eine Gesetzgebung für die Zeit zwischen 2020 und 2050 entwickeln. Ebenso wird von der EU gefordert, dass sie Instrumente zur Dekarbonisierung des Energiesektors liefert. Darunter fallen ergänzende Massnahmen zum EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) und eine Revision dessen Ziele. Von den Mitgliedstaaten solle die EU verlangen, dass sie langfristige Ziele im Bezug auf den Einsatz erneuerbarer Energieerzeugungstechnologien und Parallelmassnahmen für CCS ausarbeiten sowie ihren Strommix langfristig und im Einklang mit den vorgeschlagenen Dekarbonisierungszielen ausrichten. Mit einem Ausbau des ACER/ENTSO-E-Mandates (Agency for Cooperation of Energy Regulators/European Network of Transmission System Operators for Electricity) und weiterer Abkommen soll sichergestellt werden, dass das europäische Übertragungsnetz den Anforderungen der Dekarbonisierungsmassnahmen standhält und sie nicht zusätzlich verteuert. Des Weiteren solle die EU die Finanzierung des Übergangs sicherstellen und dafür auch eigenes Budget aufwenden.

Die ECF verlangt von den EU-Mitgliedsstaaten ebenfalls die Sicherstellung der Finanzierung der von ihr vorgeschlagenen Massnahmen. Auf nationaler Ebene sollen Mittel gesucht werden, um private Investitionen zu begünstigen und Finanzierungsrisiken zu mindern. Daneben soll auch in den einzelnen Staaten Energieeffizienzmassnahmen zur Top-Priorität gemacht werden. Die Kommerzialisierung erneuerbarer Energiequellen und CCS-Technologien solle mittels Regulierung vorangetrieben werden und Massnahmen für einen «vereinten, CO<sub>2</sub>-armen europäischen Energiemarkt» ergriffen werden. Auch hierbei wird der Schwerpunkt auf potenzielle und tatsächliche Investoren gelegt. Ihnen sollen die EU-Staaten die richtigen Signale und Rahmenbedingungen liefern, welche CO<sub>2</sub>-arme Technologien gegenüber solchen mit hohem Treibhausgasausstoss begünstigen. Ausserdem sollen die Länder den Bau der nötigen Infrastruktur sicherstellen, indem sie ihre Raum- und Umweltplanungsgesetze entsprechend revidieren und die CO<sub>2</sub>-Einlagerung fördern.

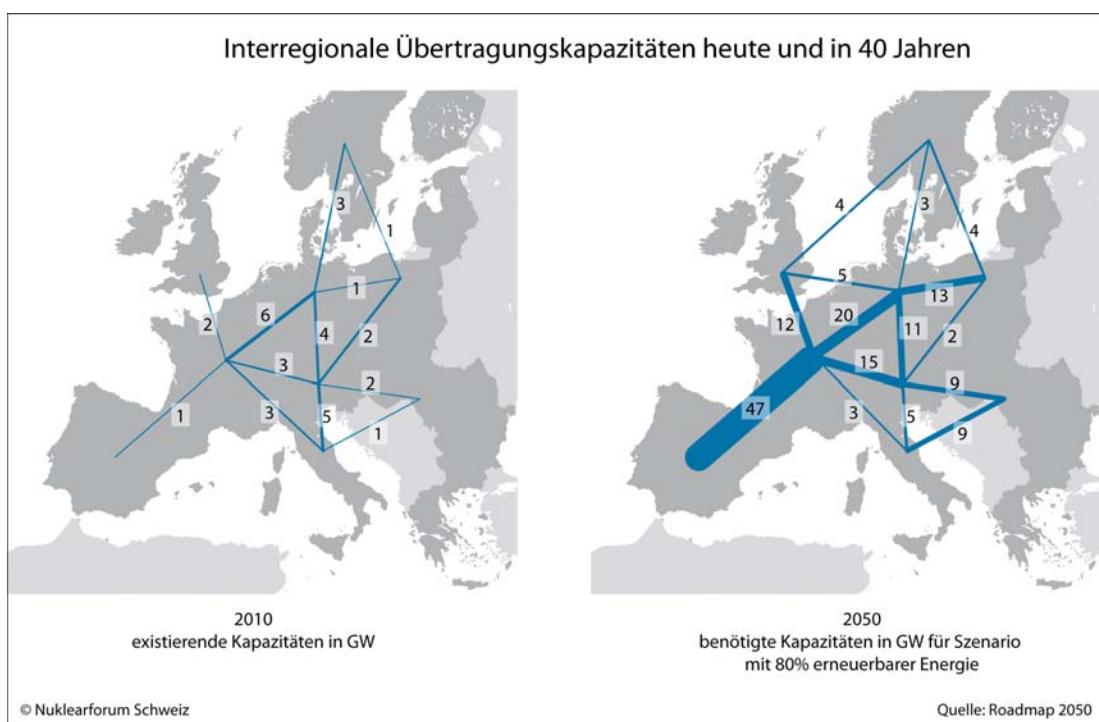
### **Formales**

Die Studie besteht aus drei Bänden und wurde von der ECF in Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen erarbeitet, darunter McKinsey & Company, das Imperial College in London, Oxford Economics und das Energieforschungszentrum der Niederlande. Weiter wurde das Projekt von zahlreichen Unternehmen, Beratungsfirmen, Forschungszentren und Nichtregierungsorganisationen unterstützt. Der umfangreichste erste Band ist eine «technologische und ökonomische Beurteilung» verschiedener Ansätze zur Dekarbonisierung der Stromproduktion. In Band Zwei, dem «Policy Report», werden politische Aspekte erörtert und der dritte Band mit dem Titel «Graphic Narrative» stellt eine Visualisierung der ganzen Studie dar.

Geografisch deckt die Roadmap 2050 die EU-27-Staaten plus Norwegen und die Schweiz ab. Um den Rahmen nicht zu sprengen, wurden verschiedene Faktoren ausgeblendet: eine umfassende Beurteilung aller möglicher Energieerzeugungstechnologien, eine detaillierte Einschätzung der Kosten von Technologien zur Energiespeicherung, Preismechanismen, nationale Energiestrategien, Nachteile der Dekarbonisierung bei Verkehr und Gebäudebeheizung sowie deren Auswirkung auf Umweltbelange usw. Daneben wurden in verschiedenen Bereichen wie beispielsweise beim Ölpreis oder bei den Kosten der CCS-Technologie prognostizierte oder angenommene Werte verwendet.

## Fazit

Die Roadmap 2050 zeigt auf, dass und wie eine drastische Reduktion der Treibhausgasemissionen in Europa technisch machbar wäre. Das ist auch der Anspruch, den die Herausgeber an ihr Werk stellen: «Die Mission der Roadmap 2050 ist es, eine praktische, unabhängige und objektive Analyse von Wegen zu einer CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft in Europa zu liefern, im Einklang mit den Zielen der Versorgungssicherheit, des Umweltschutzes und der Wirtschaft der Europäischen Union».



Die wirtschaftlichen und nicht zuletzt auch die politischen Rahmenbedingungen, die dafür erforderlich wären, stellen jedoch hohe Hürden auf dem Weg zu diesem Ziel dar. Alleine der in der Studie aufgezeigte Ausbau der Übertragungsnetze respektive der Aufbau eines europaweiten Netzes stellt die EU-Länder vor Aufgaben, die ohne eine enge und pragmatische Zusammenarbeit auf verschiedensten Stufen nicht zu bewältigen sind. Weiter ist es fraglich, ob die von der ECF vorgeschlagenen Massnahmen schnell genug umgesetzt werden können. Denn zur Erreichung des 80%-Zieles müsse laut ECF unverzüglich gehandelt werden. Ein grosser Unsicherheitsfaktor bleibt dabei – wie bei allen Projekten dieses oder auch weitaus kleineren Umfangs – die öffentliche Akzeptanz. In dieser Hinsicht, das räumt auch die ECF ein, stehen nämlich sowohl Wasser- wie auch Kernkraftwerke, Windanlagen, solare Grosskraftwerke oder oberirdische Hochspannungsleitungen vor immensen Herausforderungen.

Unter dem Strich macht die Roadmap 2050 zwei wichtige Kernaussagen: Eine umwelt- und klimafreundliche Stromproduktion kann nur mit einem sinnvollen und an geografische Gegebenheiten angepassten Produktionsmix erreicht werden, sei dies nun auf nationaler, europäischer oder globaler Ebene. Und für Infrastrukturprojekte in einer solchen Grössenordnung ist politische Unterstützung unabdingbar. (M.Re. nach ECF, «Roadmap 2050: practical guide to a prosperous, low-carbon Europe», April 2010)

Die komplette Studie sowie weiterführende Informationen zur European Climate Foundation finden Sie hier: <http://www.europeanclimate.org/>