



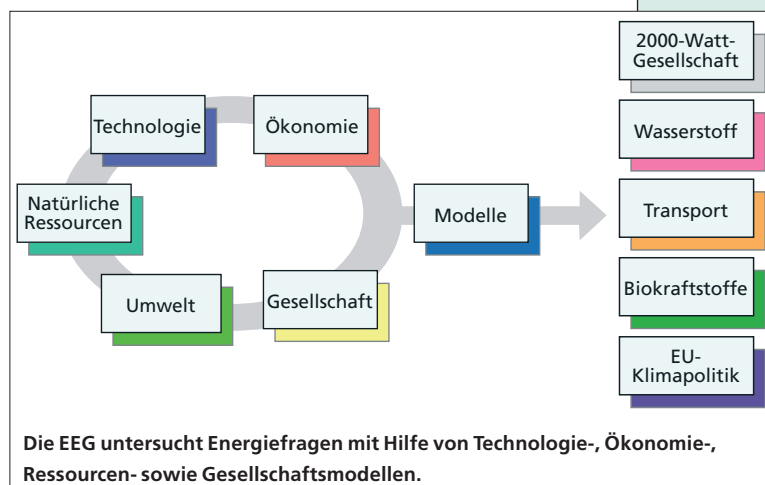
ENERGIEÖKONOMIE

ENERGIEÖKONOMIE – Übergänge zu nachhaltigen Energiesystemen verstehen

Die Welt ist heute mit mehreren bedeutenden Herausforderungen bei der Gewinnung und im Verbrauch von Energie konfrontiert. An erster Stelle steht die Notwendigkeit, weltweit Zugang zu erschwinglichen und sicheren Energiedienstleistungen unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit zu ermöglichen. Das Lösen dieser Aufgaben stellt ein Schlüsselement für ein nachhaltiges Energiesystem dar.

Die Gruppe Energieökonomie (EEG) am PSI leistet als Teil des Laboratoriums für Energiesysteme einen Beitrag zum Verständnis von Veränderungen in Energietechnologien und erarbeitet Steuerungsmöglichkeiten zur Realisierung nachhaltiger Energiesysteme in der Schweiz, in Europa und auf globaler Ebene. Veränderungen in Energiesystemen und Technologiewandel werden erfasst und mit Hilfe von Szenarien in detaillierten Energiesystem-Modellen analysiert. Diese Szenarien stellen eine Auswahl zukünftiger «Was – Wäre – Wenn» – Beschreibungen dar, welche zur Identifikation möglicher Herausforderungen, Abhängigkeiten und Auswirkungen unterschiedlicher sozio-ökonomischer Entwicklungen, des Technologiewandels, sowie der Ressourcenverfügbarkeit und politischer Massnahmen beitragen.

Die zur Erzeugung dieser Szenarien verwendeten Energiesystem-Modelle beinhalten eine technologisch detaillierte Darstellung bestehender und zukünftiger Technologien, wie zum Beispiel Hydroelektrizität, Windparks, Solarzellensysteme, Kernkraftwerke, Gasturbinen. Diese Technologien werden im Modell durch deren



Leistungskennzahlen, Kosten, kommerziellen Potentialen, Marktdurchdringungsraten etc. charakterisiert. Mit diesen Modellen werden Kombinationen aus Technologien und Ressourcen bestimmt, die den zukünftigen Energiebedarf zu minimalen Kosten unter verschiedenen politischen Zielvorgaben decken können.

Die EEG hat die Methode zum besseren Verständnis des Konzepts der **«2000-Watt-Gesellschaft»** in der Schweiz, zum Einsatz neuartiger Treibstoffe, wie Wasserstoff und Biokraftstoffe



im Transportsektor, als auch für Optionen zum Klimaschutz durch Reduktion von Treibhausgasemissionen verwendet.

2000-Watt Gesellschaft in der Schweiz

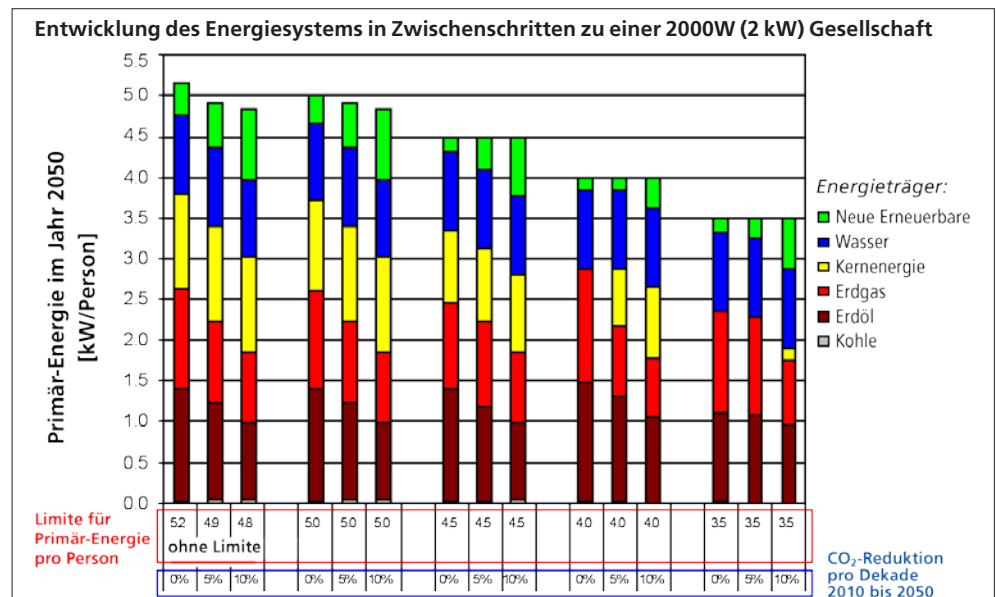
Vor kurzem hat die Energieökonomie-Forschung am PSI die Realisierung der 2000-Watt-Gesellschaft in der Schweiz untersucht – das heisst einer Gesellschaft mit einem jährlichen Pro-Kopf Energieverbrauch von durchschnittlich etwa umgerechnet 63 Gigajoule (was 2000 Watt während den 8760 Stunden eines Jahres entspricht). Die Analyse der EEG ergab, dass nicht die Höhe des Zielwerts, sondern die Wahl der Energiequellen und Technologien zur Reduktion von Treibhausgasemissionen entscheidend ist; dies bei erhöhter Energiesicherheit und der Vermeidung anderer negativer Auswirkungen.

Eine genauere Analyse der Ergebnisse der EEG-Studie zeigt, dass in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts lediglich Zwischenschritte zur 2000-Watt Gesellschaft mit einem realistisch erreichbaren Zielwert im Jahr 2050 von 3500–4000 W möglich sind. Die Auswirkung dieser Zielwerte auf den Energiemix ist in der Abbildung unten ersichtlich. Bemerkenswert dabei

ist die Tatsache, dass schon mit den Zwischenschritten ein grundlegender Wandel des schweizerischen Energiesystems unter Einsatz neuartiger Technologien verbunden ist. Hierzu könnten Energieeinsparungen in Gebäuden, Wärmepumpen, weiterentwickelte Autos und Biokraftstoffe einen entscheidenden Beitrag liefern.

Wie bereits erwähnt, ist eine 2000-Watt-Vision allein nicht hinreichend, die in der Schweiz gesetzlich vorgeschlagenen Treibhausgas-Emissions-Reduktionsziele zu erreichen. Dies benötigt zusätzliche oder alternative Zielvorgaben und Anreize. Die Realisierung relativ strenger Treibhausgas-Emissions-Reduktionsziele benötigt sehr wahrscheinlich den extensiven Einsatz von Spar- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen, sowie von erneuerbarer und nuklearer Energie. Die Grafik unten zeigt die Auswirkung der Emissionsziele.

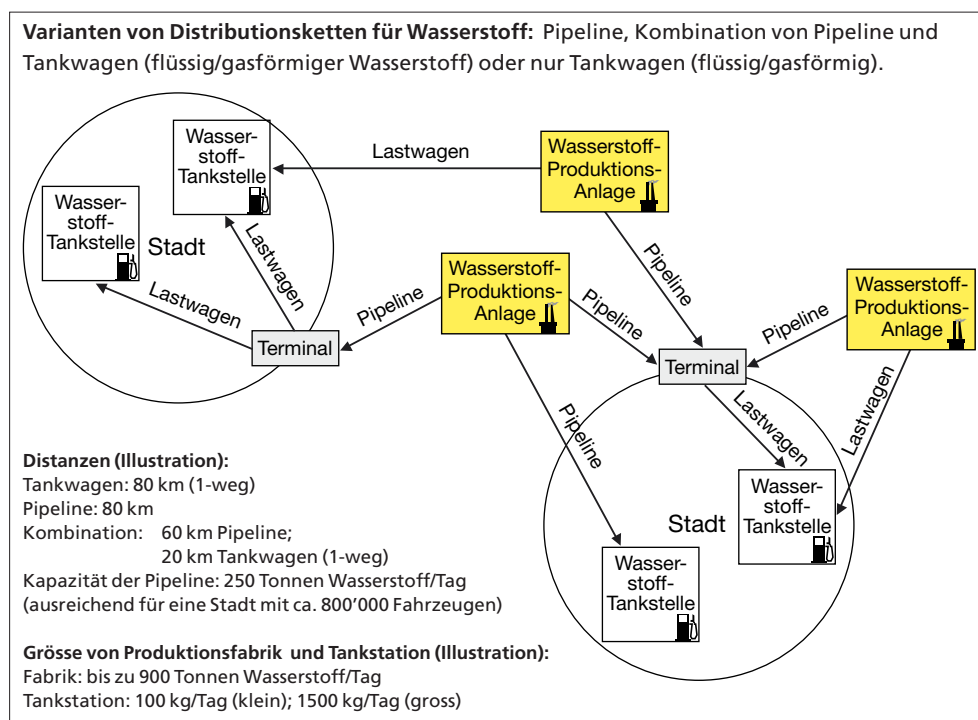
Ein anderer wichtiger Aspekt ist diejenige Energie, die von der übrigen Welt für Importe in die Schweiz verbraucht wird. Diese «Graue Energie» ist in dieser Analyse bis jetzt nicht berücksichtigt. Weitere Informationen zur Studie sind auf <http://eem.web.psi.ch> unter «Publications» erhältlich.



Alternative Treibstoffe im Transportsektor

Die Abhängigkeit des Transportsektors von Erdölprodukten behindert die Entwicklung eines nachhaltigen Energiesystems, besonders in Hinsicht auf Klimaschutz und Energiesicherheit. Für ein nachhaltiges Energiesystem könnten alternative Treibstoffe, wie Biokraftstoffe und Wasserstoff von steigender Bedeutung sein. Die Erfolgsaussichten alternativer Treibstoffe und neuartiger Motortechnologien für den Privatverkehr des 21. Jahrhunderts werden von der EEG untersucht; Erfolgskriterien sind zum Beispiel die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit, der Beitrag zum Klimaschutz, und die

Energiesicherheit. Zum Einsatz kommen dabei Ökobilanz-Verfahren («Life Cycle Assessment») und Modellierungssoftware für Energiesysteme. In diesen Modellen werden nicht nur die Transporttechnologien, sondern auch die Herstellungs-, und Distributionsprozesse alternativer Kraftstoffe detailliert berücksichtigt. Verschiedene Liefer- und Betankungsoptionen für Wasserstoff – einer der zukünftigen alternativen Treibstoffe –, sind in der Abbildung unten illustriert. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass für ein nachhaltiges Energiesystem Hybridantriebe und Brennstoffzellen wahrscheinlich von Bedeutung sein werden (mehr auf <http://eem.web.psi.ch>).



Verringerung von Treibhausgas-Emissionen

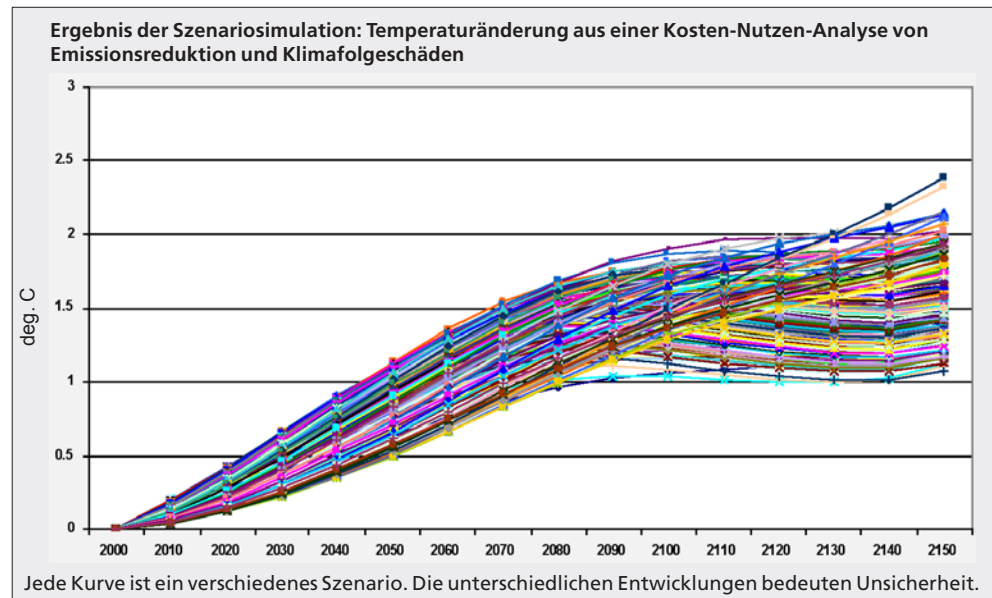
Eines der Klimaziele der Europäischen Union ist die Beschränkung des durch den Klimawandel verursachten Temperaturanstiegs auf nicht mehr als 2 °C (relativ zum vorindustriellen Niveau). Die Chancen zum Erreichen dieses Zieles werden am PSI mit Hilfe von Szenarioanalysen evaluiert. Szenarioanalysen können sowohl Unsicherheiten in der Vorhersage des Klimawandels, als auch verschiedenartige

Entwicklungen des Energiesektors sowie sozioökonomische Alternativen berücksichtigen. Ausgehend vom «Stern Review» werden auch Kostenabschätzungen von Klimawandelfolgeschäden untersucht. Damit ist eine Kosten-Nutzen-Analyse möglich, welche pro Szenario die Reduktionskosten mit jenen der Klimawandelfolgeschäden vergleicht. In der Grafik (siehe nächste Seite) ist als Resultat die optimale Tempera-



turänderung für eine Auswahl von Szenarien aufgetragen. Die Analyse zeigt wichtige Überlegungen zum Erreichen ambitionierter globaler Temperaturziele auf (wie z.B. des 2°-Ziels der EU): Zur Vermeidung schwerwiegender Klima-

schäden sind eine frühe Handlungs- und eine grosse Zahlungsbereitschaft unabdingbar. Mehr Informationen unter «Publications» auf <http://eem.web.psi.ch>.



Auswahl von Forschungspartnern

- Centre for Energy Policy and Economy, ETH Zürich
- Department Volkswirtschaftslehre, Univ. Bern
- Sloan Automotive Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, USA
- Laboratoire de recherches en économie et management de l'environnement, EPFL
- Enerdata, Frankreich
- Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Deutschland
- LEPII-EPE, Université Pierre-Mendes, Frankreich
- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
- Internationale Energieagentur (IEA), Paris
- Internationales Institut für angewandte Systemanalyse (IIASA), Österreich

- Politecnico di Torino, Italien
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Deutschland
- Universidade Técnica de Lisboa, Portugal
- Tyndall Centre for Climate Change Research, Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, UK
- University College Dublin, Irland
- Wageningen University, Niederlande

Auswahl von Projektaktivitäten

- Adaptation and Mitigation Strategies (Europäische Kommission)
- Before a transition to hydrogen (Alliance for Global Sustainability)
- Energie Trialog Schweiz
- Exploring Energy Technology Perspectives (Energy Technology Systems Analysis Programme of IEA)
- NFS Klima (Schweiz. Nationalfonds)
- New Energy Externalities Development for Sustainability (Europäische Kommission)

Kontakte

Dr. Hal Turton
 Leiter der Gruppe Energieökonomie
 Tel. +41 (0) 56 310 26 31
 Fax +41 (0) 56 310 26 24
hal.turton@psi.ch, <http://eem.web.psi.ch>

Dr. Stefan Hirschberg
 Leiter des Labors für Energiesystem-Analysen
 Tel. +41 (0)56 310 29 56
 Fax +41 (0)56 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
<http://lea.web.psi.ch>

PAUL SCHERRER INSTITUT



Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI, Switzerland
 Tel. +41 (0)56 310 21 11, Fax +41 (0)56 310 21 99
www.psi.ch