

Die Mär von der Energieproduktion

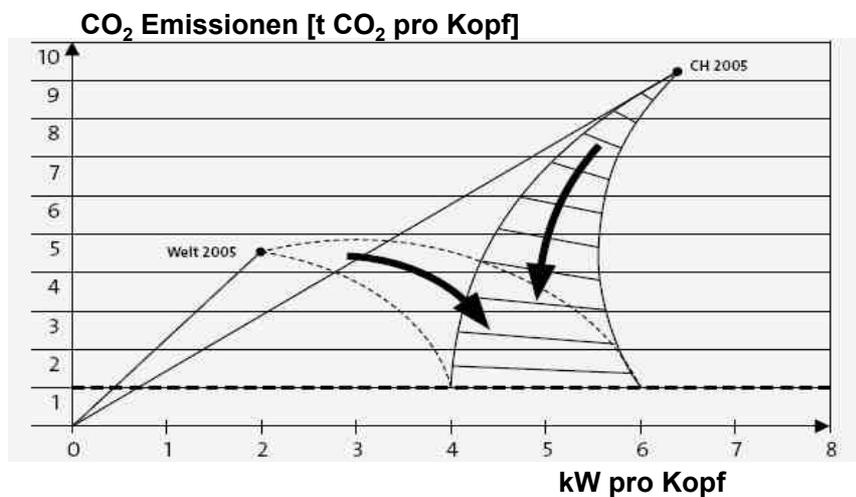
Das Potenzial der Innovationen im Energiesektor

24. November 2012

Prof. Dr. Ralph Eichler, Präsident ETH Zürich



Wunschziel: 1 t CO₂ pro Kopf des Weltverbrauchs



Annahme: Stabilisierung der Weltbevölkerung bei zehn Milliarden Menschen

Plausibler primärer Energiebereich für eine Tonne CO₂ pro Kopf im Jahr 2100, abhängig vom Energiemix (Fossil, Kernenergie, Solar, Wind, Wasser).

Im Moment nimmt der Verbrauch von fossilen Energieträgern, vor allem Kohle, stark zu (Indien, China, ...)

Neustrukturierung des Schweizer Energiesystems

Stromanteile heute:

- 56 % hydro; 38 % nuklear; 2 % KVA; 0,1 % Wind + PV

Strom-Nutzung 2010:

- 60 TWh (ca. 20 % der totalen umgesetzten Energie)

Strom-Nutzung 2050:

- 83 TWh (Szenario «weiter wie bisher»)
- 56 TWh (Ziel Bundesrat) → 27 TWh Einsparung
- 20 TWh (Substitution nuklear)

Massnahmen:

- Energieeffizienz, Ausbau Wasserkraft, erneuerbare Energien, Lücke durch fossile Stromproduktion (Gas) + Importe

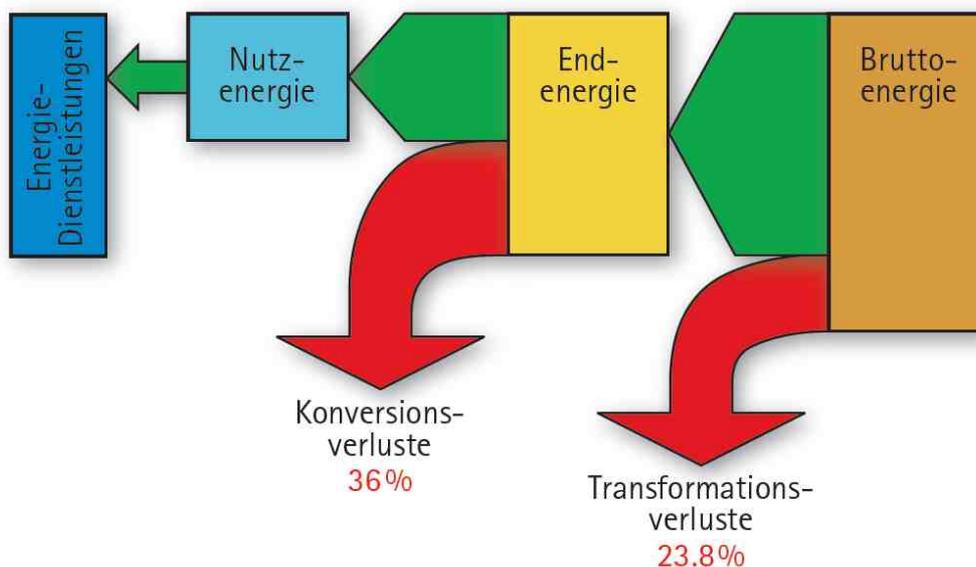
Forschung im ETH-Bereich:

- Effizienz, Netze/Übertragung, Speicherung, Bereitstellung, Ökonomie

Geplante Energiebotschaft des Bundes:

- 118 Mio. CHF: ETH-Bereich, Industrie, FH, Universitäten (neue Forschungsgruppen, Projekte)
- 60 Mio. CHF: Forschung ETH-Bereich (Kapazitätsaufbau, Infrastruktur)

Brachliegende Effizienzpotentiale



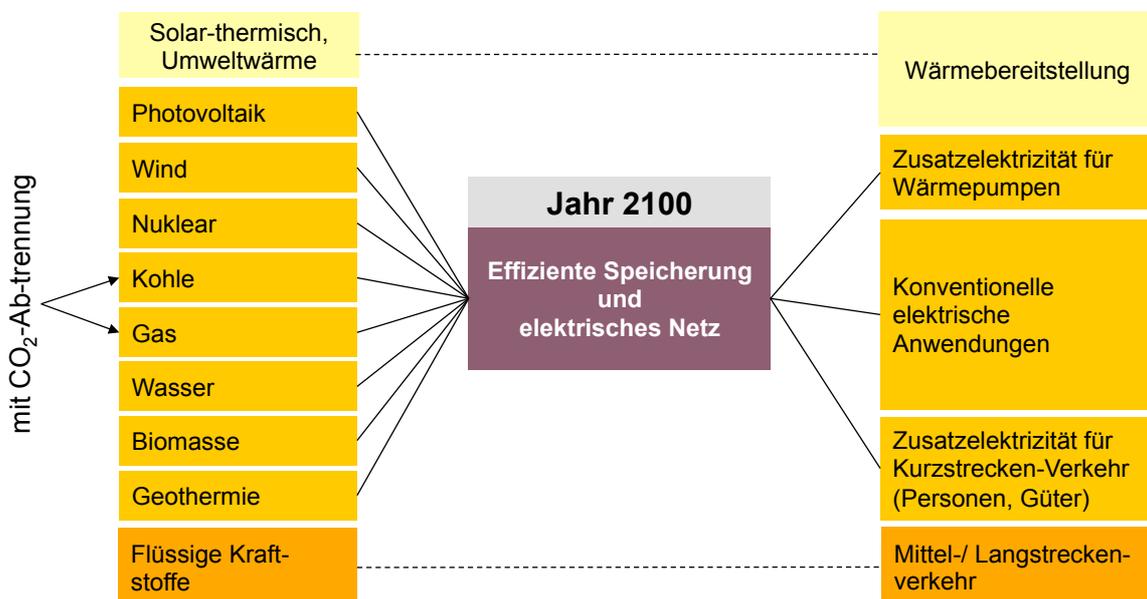
Maximaler theoretischer Wirkungsgrad der Umwandlung von Wärme in Strom:
Gasturbine (800° C: 73 %) oder Geothermie (200° C: 38 %)

Potenzialbegriffe

- **Theoretisches Potenzial:** das gesamte physikalische Angebot eines erneuerbaren Energieträgers im betrachteten Untersuchungsgebiet.
- **Technisches Potenzial:** beschreibt den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist.
- **Ökologisches Potenzial:** keine irreversible Beeinträchtigung des Lebensraumes.
- **Wirtschaftliches Potenzial:** die Gesamtkosten liegen (mittelfristig) in der Bandbreite konkurrierender Systeme. Systemzusammenhänge zwischen Energienutzung, Arbeitsplätzen, Kaufkraft/Wohlstand beachten. → **oder wollen wir eine subventionierte Energie wie die Landwirtschaft?**
- **Optimistisch-realistisches Potenzial:** geschätzte realisierbare Potenziale.

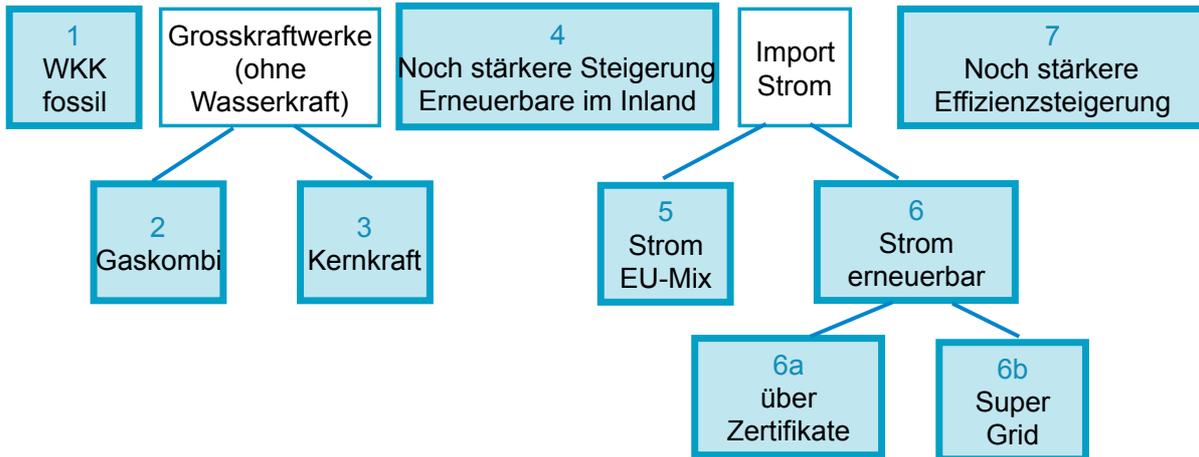
Effizienzerhöhung und Entkarbonisierung durch CO₂-arme Energieträger

Elektrizität bleibt weiterhin Rückgrat des zukünftigen Energiesystems



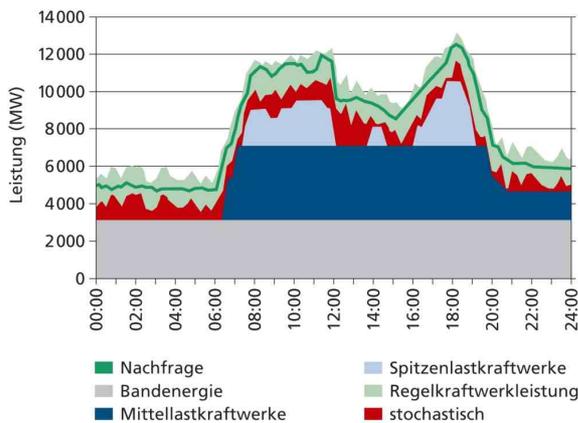
Stossrichtungen zur Deckung der Lücke

Ausbau Angebot ← mögliche Stossrichtungen → **Weitere Reduktion der Nachfrage**

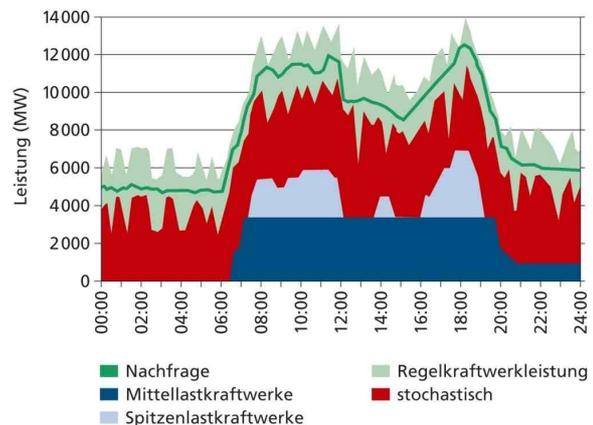


Quelle: Energietrialog Schweiz

Intermittierender Verbrauch und Produktion Beispiel Schweiz



heutige Situation

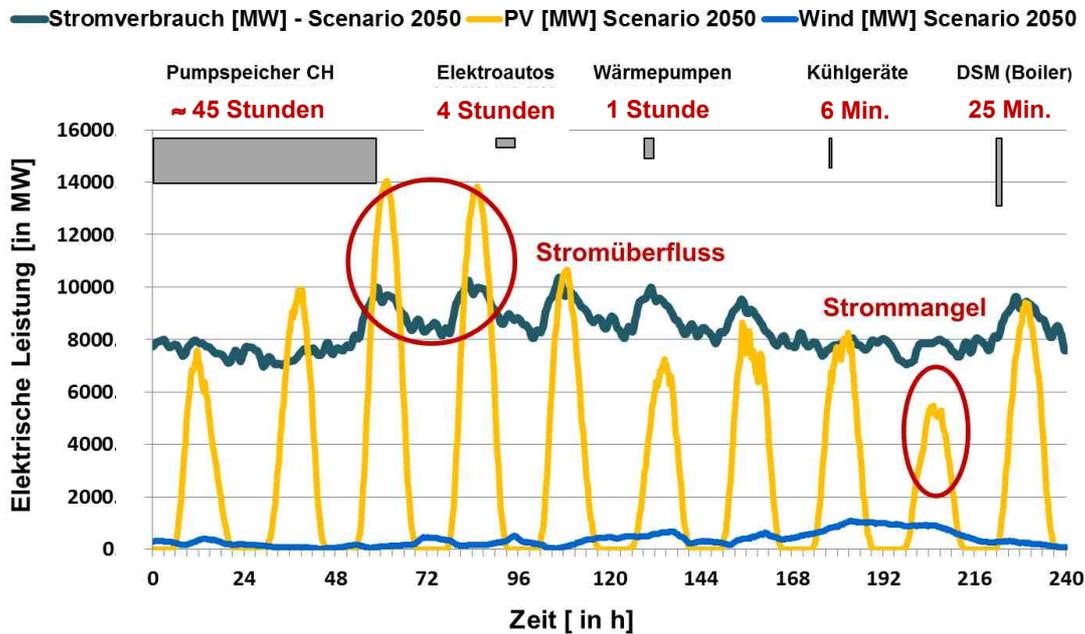


Grosser Anteil von stochastischer Produktion (Sonne, Wind)

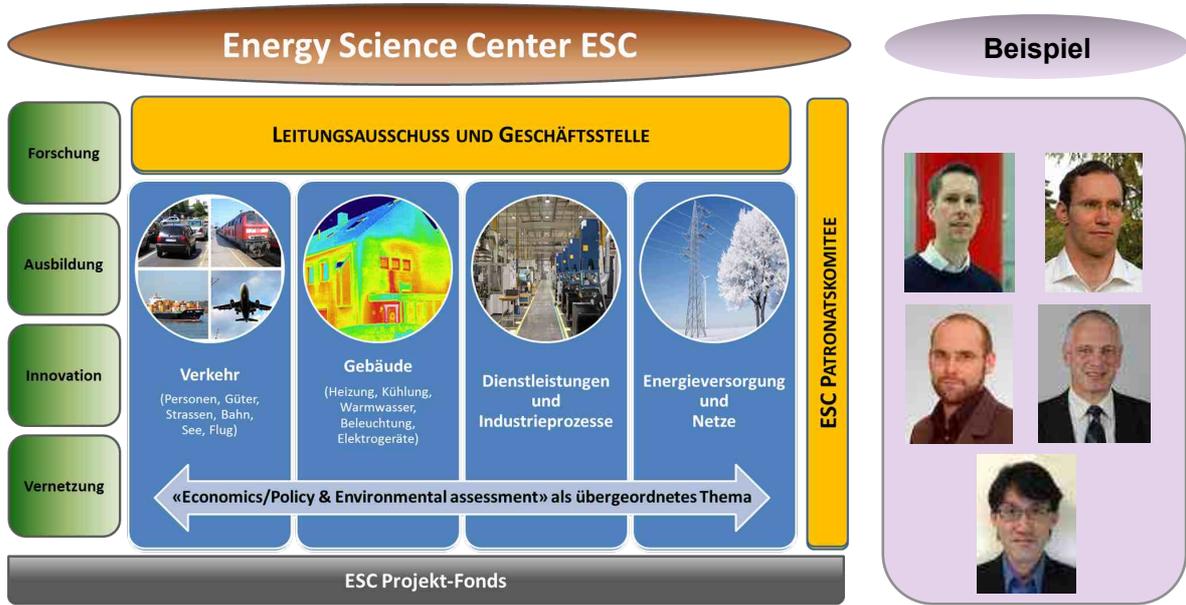
1 GW Kernenergie (Bandleistung) ersetzen durch
8 GW Photovoltaik Spitzenleistung plus Langzeitspeicher

Aktives Lastmanagement in der Schweiz

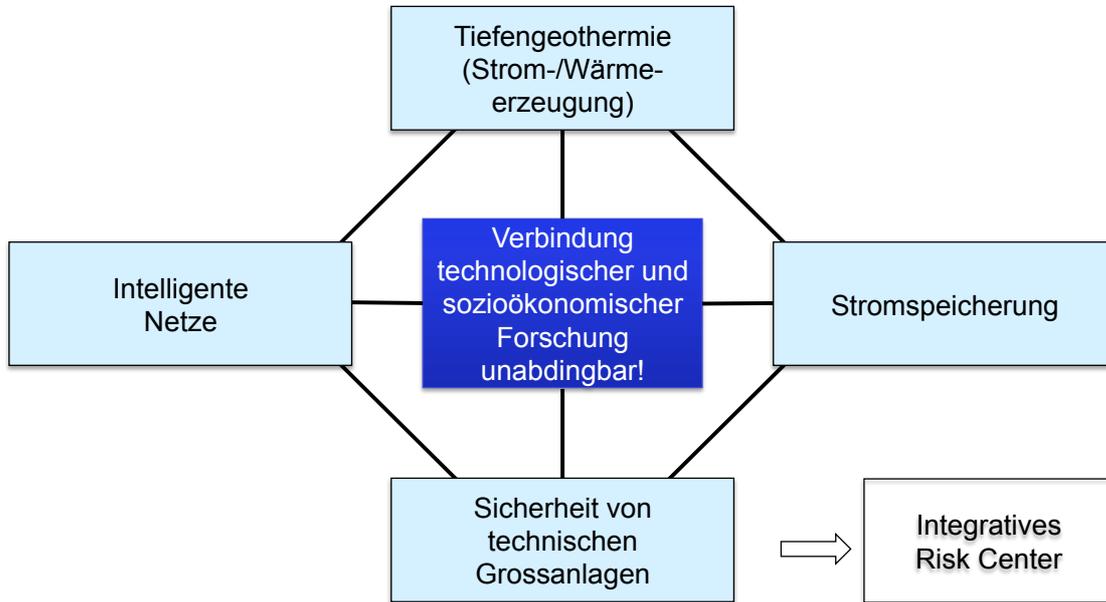
Ausgewählte Beispiele im Grössenvergleich



Nachhaltige Welten bauen: Energy Science Center



Strategische Schwerpunkte für den weiteren Ausbau der Energieforschung an der ETH



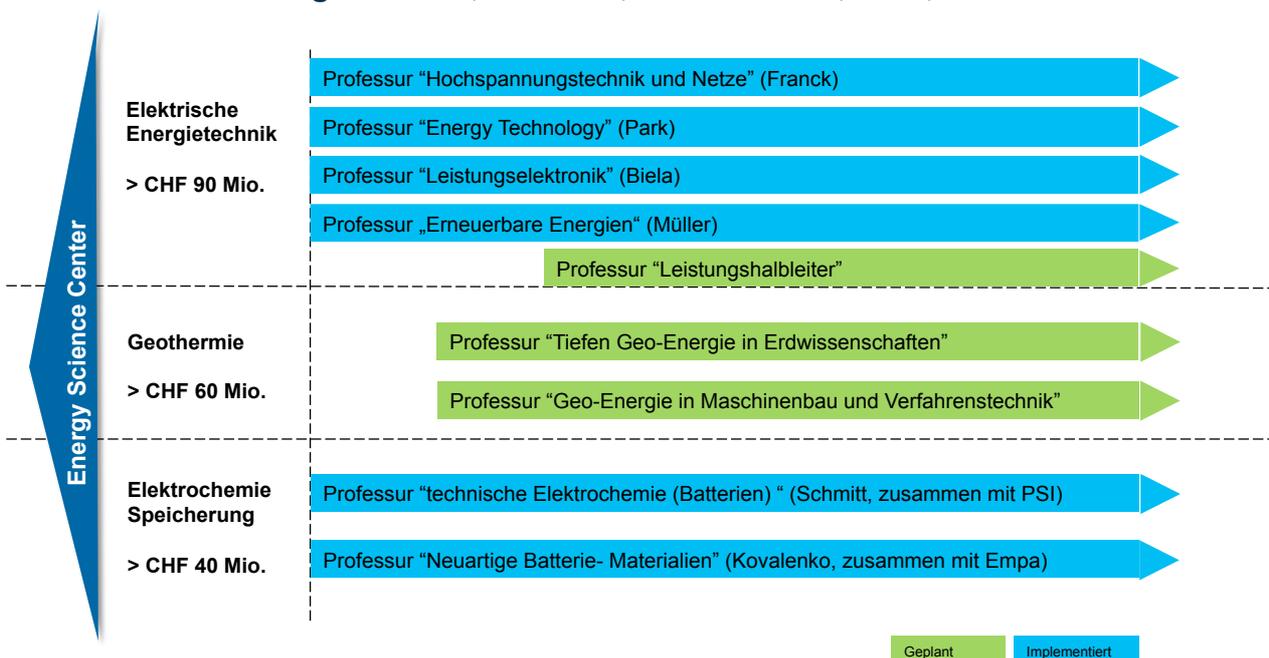
Energieforschung im ETH-Bereich

| Aktionsfelder | Themen für zusätzliche Förderung |
|--|---|
| Energieeffizienz | <ul style="list-style-type: none"> - Effiziente Gebäudetechnik - Katalyse für effiziente Verfahrenstechnik - Energieeffiziente Informationstechnologie - Nanomaterialien für die Energietechnik - Leichtbau-Kompositwerkstoffe für die Mobilität |
| Netze („smart grids“) und vernetzte Energiesysteme | <ul style="list-style-type: none"> - Ganzheitlicher Entwurf von Energiesystemen - Netze und ihre Stabilität - Ressourcen- & Energieeffizienz von industriellen Prozessen und Dienstleistungen - Lebenszyklus-Bewertung von Energiesystemen |
| Energiespeicherung (zentral und dezentral) | <ul style="list-style-type: none"> - Solarenergiespeicherung in solaren Brennstoffen - Elektrochemische Energiespeicherung - Elektrolyse für Wasserstoffproduktion mit Photovoltaik- und Windstrom - Pumpspeicherung / Hydroelektrizität |

Energieforschung im ETH-Bereich (Forts.)

| Aktionsfelder | Themen für zusätzliche Förderung |
|--|--|
| Produktion: Bereitstellung von Energieträgern, insbes. von Elektrizität, aus erneuerbaren Energien | <ul style="list-style-type: none"> - Geoenergie – Bohrtechnik, Reservoir-Erschliessung und –Management - Photovoltaik – neue effiziente Zellgenerationen - Kohlenstoffkreislauf (Speicherung und Nutzung von CO₂) - Bioenergie – Rohstoffbasis, Grundlagen, Verfahrenstechnik |
| Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte | <ul style="list-style-type: none"> - Ökonomie und Management des Energiesektors - Energiepolitik - Auswirkungen neuer Energiesysteme - Verhalten der Akteure, Akzeptanzfragen |

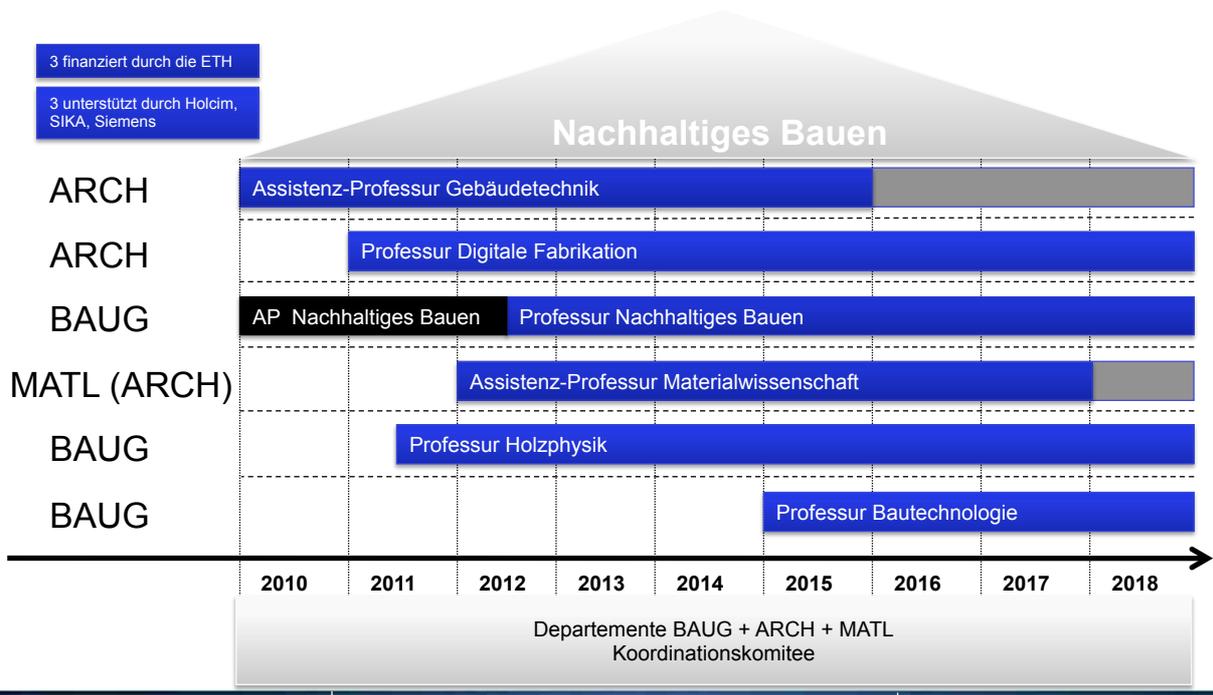
Energie-Professuren seit 2008 / Ausbaupläne mit Unterstützung von ABB, ALSTOM, Swisselectric, EWZ, EKZ



Verstärkung für das energieeffiziente Bauen

Vision: Vielfalt mit 6 Professuren

3 finanziert durch die ETH
3 unterstützt durch Holcim, SIKA, Siemens



ARTEMIS-Projekt

Auswirkungen des Einsatzes von Plug-in-Hybriden in urbanen Gebieten auf elektr. Netze

Ziel

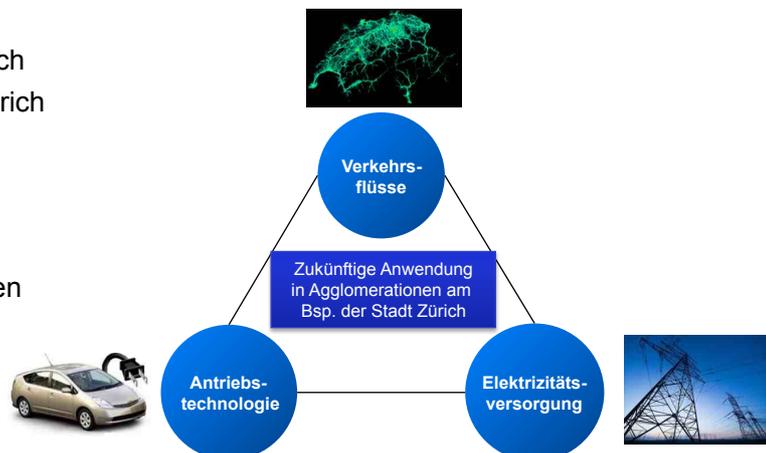
Entwicklung einer integrierten Modellierung für Energie- und Verkehrssysteme und Erarbeitung optimaler Strategien für eine klimaschonende individuelle Mobilität in Agglomerationen über die (Teil-)Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben.

Unterstützung

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
Forschungskommission ETH Zürich
Novatlantis

Beteiligt

3 ETH-Professuren aus
3 verschiedenen Departementen



Quelle: F. Noembrini, G. Andersson, K. Axhausen, K. Boulouchos

Belenos-Projekt:

Entwicklung von Brennstoffzellen (Paul Scherrer Institut) und Batterien (ETH Zürich)

Haus mit Solarzellen



63 m² Photovoltaik-Zellen liefern Wasserstoff für eine Reichweite von **13'000 km / Jahr**



Wasserstoff/Sauerstoff-Produktion in der Garage (Grösse von Kühltruhe)

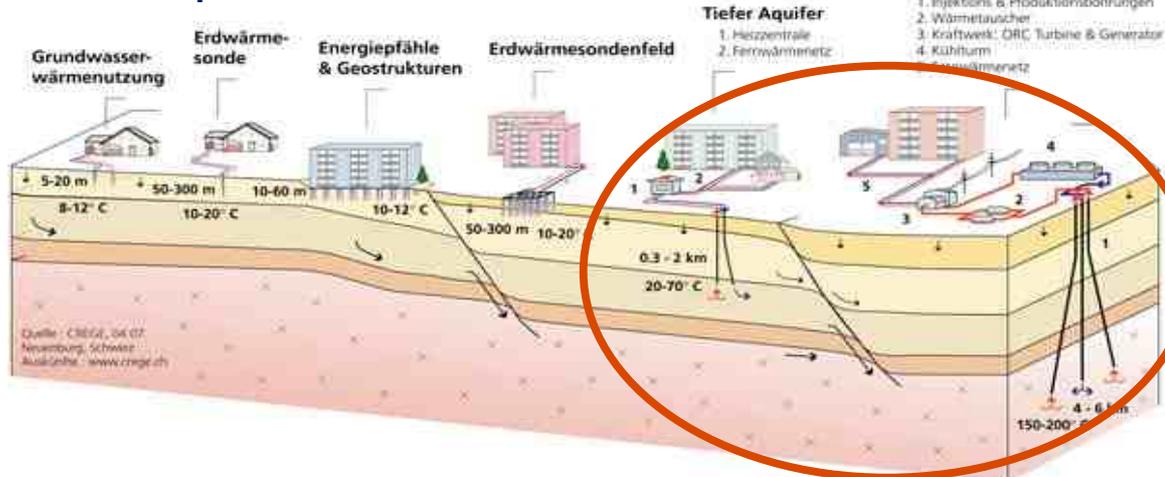
betanken



Nutzung der Erdwärme

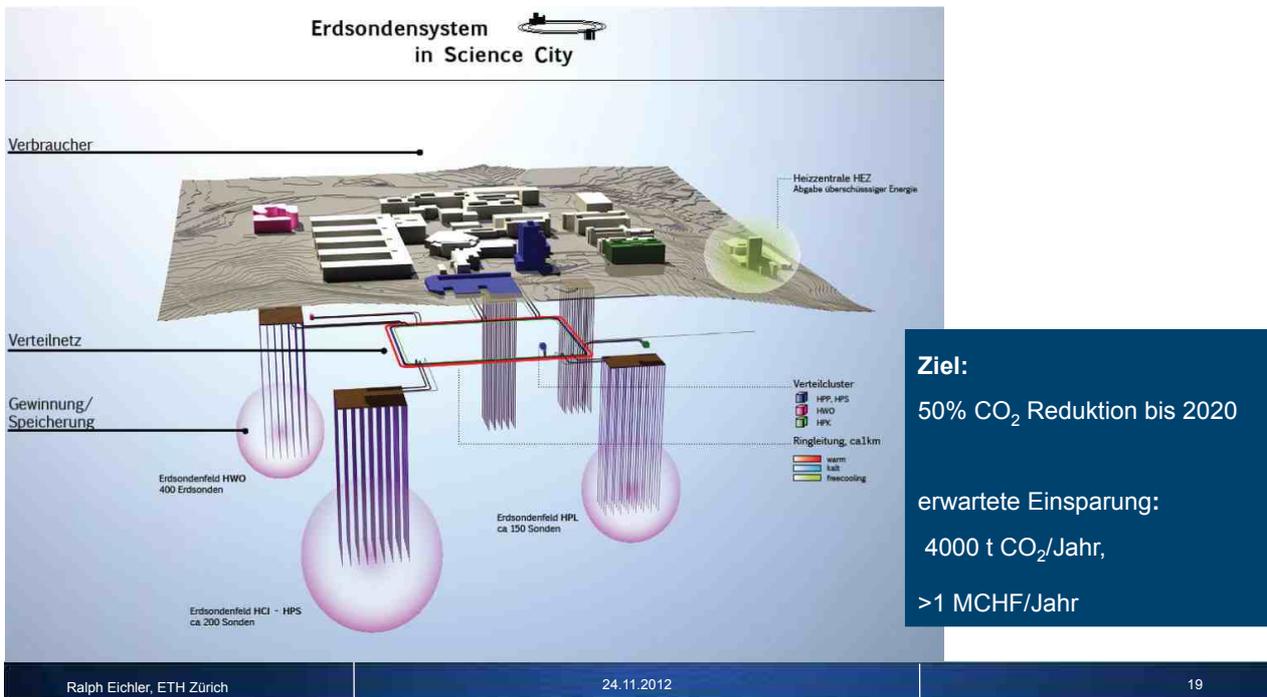
Hochtemperatur - Geothermie

Niedertemperatur-Geothermie



Im Fall der Erdsonden sind die Temperaturen sowie die physikalischen Eigenschaften des Gesteins wichtig. Zur Strom- und Wärmeproduktion sind 150 - 200° und 4 - 6 km nötig. Wenn man heute nur Strom produzieren würde, wäre der Elektrizitätspreis zu hoch.
Beispiel St. Gallen: 20 MW_{thermisch} und 2.5 MW_{elektrisch} zu 40 Rp/kWh (gemäss Abstimmungsvorlage)

Neues Energiekonzept für Science City, ein dynamischer Erdspeicher



Geothermisches Kraftwerk

Herausforderungen

Elektrizität

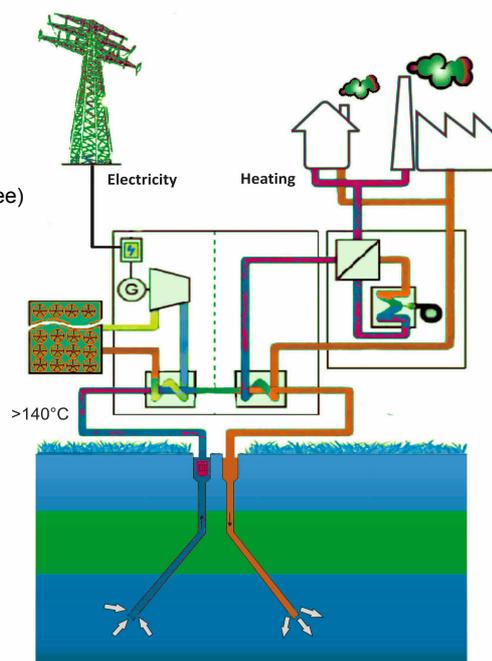
- Rankine and Kalina cycle
- Zugang zu Kühlwasser (Fluss, See)

Bohren

- . Kostenreduktion
- . Verbesserung heutiger Technik
- . Alternative Bohrkonzeppte

Zugang zum Reservoir

- . hydro-fracturing
- . Induzierte Seismizität
- . Charakterisierung



Wärme

- Verbesserter Gebrauch von Abfallwärme

Vorhersagen

- . Potenzialabschätzungen
- . Verkleinerte Kosten

Betrieb

- . Korrosionsprobleme
- . Mineral Ablagerungen

Nationaler Geothermie-Plan

Tiefe geothermale Energie ist unlimitiert. Bisher geringe Investitionen in DHM .
Damit die tiefe geothermale Energie ein wichtiger Bestandteil in der zukünftigen
Energie-Mischung der Schweiz werden kann, soll eine nationale 20-Jahre-Strategie
mit 5 Punkten festgelegt werden:

1. Nationales Forschungsprogramm, inkl. Aufstellen eines Test-Gebietes in der Schweiz, um tiefe geothermale Reservoirs und CCS zu forschen und entwickeln
2. Konzentration auf gross-industrielle Projekte (>100 MW)
3. Entwicklung allgemeiner Richtlinien für tiefe geothermische Energie-Projekte, inkl. Überwachung und Abschwächung des Risikos induzierter Seismizität
4. Öffentliche Kommunikation über die Risiken und Chancen
5. Internationale Zusammenarbeit

Kernenergie: Generation IV, internationale F&E, technische Marktreife nach 2030

Neue Anforderungen

- Durchbrüche/Verbesserungen bei
 - Reduktion der Abfälle
 - Ressourcenschonung
 - Proliferation
 - Wettbewerbsfähigkeit
 - Sicherheit und Zuverlässigkeit

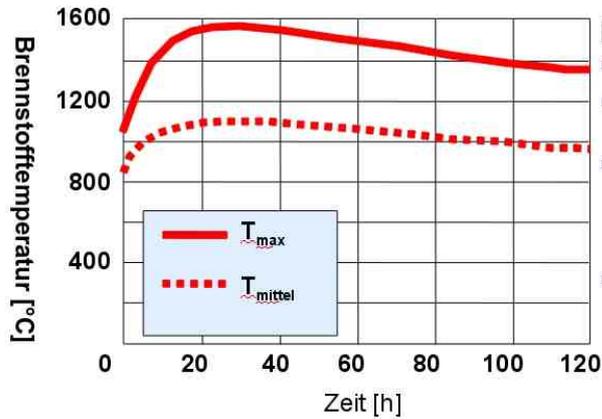
Neue Märkte

- Wasserstoffproduktion
- Prozesswärme
- Wasserentsalzung

| Reaktor | Abhängig | Spektrum | Marktstatus |
|-----------------------|----------|-----------|-------------|
| Schnellbrüter | SR | schlecht | gefallen |
| Leichtwasserreaktor | LR | schlecht | gefallen |
| Druckwasserreaktor | DR | schlecht | gefallen |
| Very High Temperature | VR | teilweise | erwartet |
| Small Modular Reactor | SMR | teilweise | schlecht |
| Mikroreaktor | MR | teilweise | gefallen |

Kernverhalten bei Unfällen bei GEN-IV-Kraftwerken

(Beispiel: Totaler Verlust von Kühlmitteln, aktiver Nachwärmeabfuhr und 1. Abschaltssystem (PBMR) in einem ringförmigen Kern von 300 MWth)

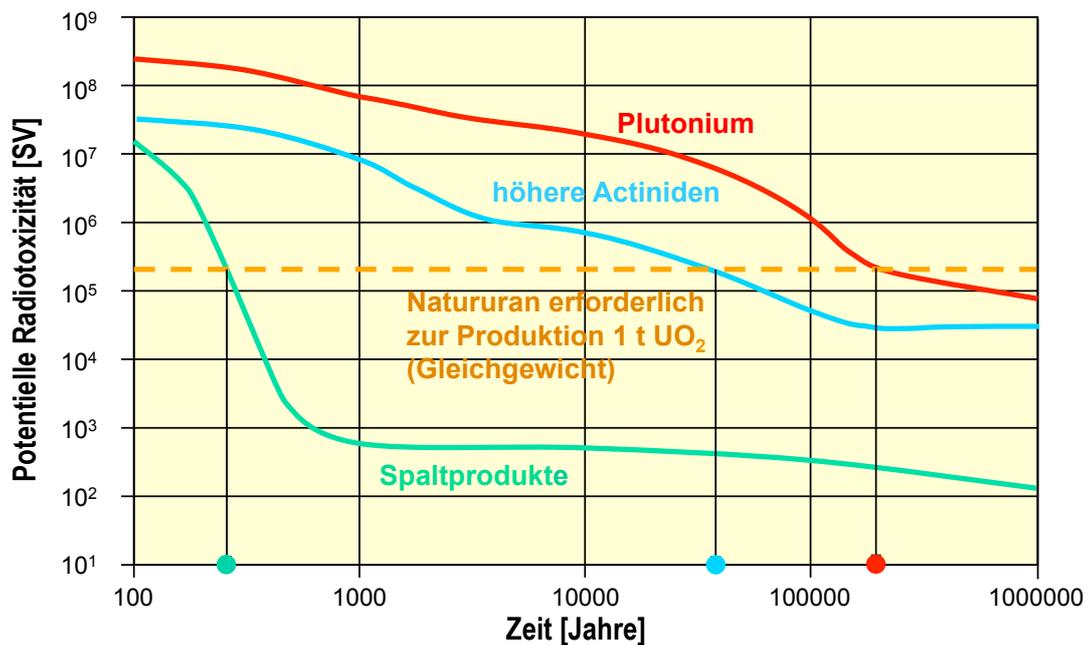


Konsequenzen:

- Kern kann nie schmelzen.
- maximale Brennstofftemperatur < 1600 °C
- die meisten Brennelemente bleiben bei noch tieferen Temperaturen.
- Spaltproduktfreisetzung begrenzt auf 10^{-7} des Inventars.

Quelle: Kugeler, 2005

Reiz der Actiniden-Vernichtung



Quelle: CEA, 2001

Zusammenfassung

- Ohne Ersatz der Grosskraftwerke haben wir eine Stromlücke ab 2020
- Optionen zur Schliessung:
 - Import
 - Gaskraftwerke mit CO₂-Kompensation
 - Weitere Effizienzsteigerung oder vermehrt regenerative Energieformen über Vorschriften. Eventuell Abwanderung von Industrien
 - Geothermie ab ca. 2030
 - Generation IV der Kernkraftwerke ab ca. 2035
- Die ETH Zürich zusammen mit PSI und EMPA hat die Energieforschung intensiviert (seit 2007) mit Speicherung, Effizienzsteigerung, Netzstabilität, Technologie zu erneuerbaren Energiequellen, integrative Risikobetrachtung
- Wir brauchen Wissenserhalt in Nuklear-Technologie und radioaktiver Abfallentsorgung
- Die Technologie wird nicht alle Probleme lösen können