

# Views of the informed citizen panel to EGS and other electricity generation alternatives in Switzerland



Evelina Trutnevyte, Sandra Volken, George Xexakis

6 March 2019, Schatzalp workshop



# Challenges with conventional surveys (I)

Stimmen Sie dem Ausbau folgender Möglichkeiten, um den Strombedarf in der Schweiz im Jahr 2035 zu decken, zu oder nicht?

	Stimme gar nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme eher nicht zu	Neutral	Stimme eher zu	Stimme zu	Stimme sehr zu	Weiss nicht/kenne ich nicht
Wasserkraftwerke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solarzellen (Photovoltaik)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Windkraftwerke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiefengeothermieanlagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biogasanlagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biomassekraftwerk (Holz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erdgaskraftwerke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atomkraftwerke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Strombedarf senken (durch Verhaltensänderungen und effizientere Technologien)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stromimporte aus dem Ausland	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# Challenges with conventional surveys (II)

“Enhanced Geothermal System...  
they can install that at your house, right?” [ID\_10]

„Yes, it could lead to a small vulcanic eruption“ [ID\_7]

“Are there power plants that work with natural gas?  
Really?” [ID\_9]

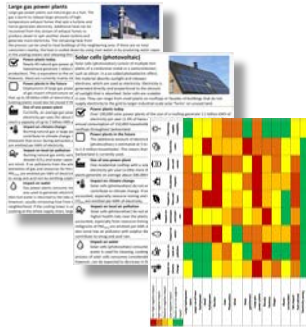

“Biomass, I don’t know that at all” [ID\_5]

Source: Volken et al. (2017) *Journal of Risk Research*

# Methodology: an informed citizen panel

*At home*

Read  
technology  
factsheets



Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# Technology factsheets

## Grosse (Pump-) Speicherwasserkraftwerke

Speicherwasserkraftwerke speichern in grossen Seen Schmelzwasser aus den Bergen, sowie Quell-, Fluss- oder Regenwasser. Wasser, das in einen Inlerferengebiet, zweiten See oder Fluss geleitet wird, treibt eine Turbine (ein Wasserrad) an, welche Strom erzeugt. Einfache Staustufen erzeugen auf diese Weise Strom. Pumpspeicherwasserkraftwerken, dazu wird das Wasser mit überschüssig höhergelegenen Staustufen gepumpt. Wird im Wasser hinuntergelassen und wiederum Strom erzeugt.



### Heutige Situation

Mehr als 80 grosse Staustämme erzeugen der Schweizer Stromerzeugung. Dies sind von 2,6 Millionen Haushalten. Diese Staustämme

### Zukünftige Situation

Die zusätzliche Menge Strom, welche bestehender Kraftwerke erzeugen wird, sind 2,6 Milliarden kWh jährlich geschätzt (d.h. für 2002 heute 87 bis 96% ihres gesamten Potenzials für

### Grösse eines einzelnen Kraftwerks

In der Schweiz erzeugt ein durchschnittliches Millionen kWh Strom (für ca. 30'000'000 Einwohner im Wallis 1,8 Milliarden kWh nur 7 Millionen kWh).

### Einfluss auf den Klimawandel

Grosse Staustämme stossen während Klimawandel beeinflusst. Über den einschneidenden des Baus der Staustämme, während Strom.

### Einfluss auf die lokale Umgebungsluft

Grosse Staustämme stossen während erhöhten Gesundheitsrisiken nahe der Herstellungsweg eingerechnet, besonders der Staustämme, dann entwerfen 50 Milligramm verschmutzung durch Schwermetalle (SO<sub>2</sub>) und Regen bezieht, ist über den gesamten Herstell

### Einfluss auf Gewässer

Grosse (Pump-) Speicherwasserkraftwerke Stromerzeugung, jedoch verbrauchen kleinere Mengen Wasser durch Verdunstung und beeinflussens vor allem den natürlichen Abfluss

## Grosse (Pump-) Speicherwasserkraftwerke

**Einfluss auf die Landschaft und die Bodennutzung**  
Über den gesamten Herstellungsweg gerechnet, braucht ein grosses Speicherkraftwerk bis zu 4'100 m<sup>2</sup> Land, um 1 Million kWh Strom zu erzeugen. Am meisten Fläche wird beim Bau des Damms überflutet. Für den Bau neuer Kraftwerke wird in der Schweiz selten fruchtbares Land überflutet oder die Bevölkerung umgesiedelt. Den Einfluss auf die Landschaft zeigt das Bild auf der anderen Seite.

### Einfluss auf Tiere und Pflanzen

Beim Bau von Staustämmen werden grosse Landflächen überflutet, was einen negativen Einfluss auf Tiere und Pflanzen hat. Dieser Einfluss kann besonders hoch sein, wenn die Dämme an unbesiedelten Orten mit hoher Tier- und Pflanzenvielfalt gebaut werden. Der veränderte Wasserabfluss ober- und unterhalb der Kraftwerke beeinflusst auch die Lebensräume und Wanderwege von Wassertieren.

### Unfälle und Risiken

Das Risiko schwerer Unfälle ist für Speicherkraftwerke in entwickelten Ländern, wie der Schweiz, extrem niedrig. Im Durchschnitt kommt auf 3'000 Millionen kWh erzeugten Strom ein Todesfall. Ein typischer Unfall kann zu vielen Todesopfern und grossen wirtschaftlichen Schäden führen. Beispielweise führte der Vajont Unfall in Italien 1963 zu 2'600 Todesopfern und etwa 140 Millionen CHF wirtschaftlichen Schäden.

### Rohstoffe und Abfälle

Wasserkraft wird als erneuerbare Art der Stromerzeugung verstanden. Über den gesamten Herstellungsweg gerechnet, benötigt 1 kWh Strom dennoch 0,3 kWh nicht-erneuerbare Energie, zum Beispiel für den Transport von Rohstoffen für den Bau der Staustämme. Die Erzeugung von 1 kWh Strom aus Staustämmen führt zudem zu 310 Milligramm Feststoffabfällen, besonders während des Baus und des Rückbaus der Dämme. Diese Abfälle sind grösstenteils ungiftig.

### Stromkosten

Die Kosten für die Stromerzeugung mit grossen Speicherkraftwerken schwanken heute zwischen 3 und 7 Rp. pro kWh. Für die Zukunft wird ein Anstieg auf mindestens 8 Rp. pro kWh erwartet. Für neu gebaute Kraftwerke kann dieser Preis noch höher sein, da der Bau hohe Investitionskosten fordert.

### Versorgungssicherheit

Grosse Staustämme sind eine zuverlässige, flexible und lokal verfügbare Art der Stromerzeugung. Insbesondere können Staustämme saisonale Unterschiede ausgleichen, da das Wasser über Monate hinweg in den Staustämmen gespeichert werden kann, bis mehr Strom benötigt wird. Pumpspeicherkraftwerke können sogar Strom speichern. Basierend auf den durchschnittlichen Temperaturen und Niederschlägen in einem Jahr, kann sich die Stromerzeugung mit Speicherkraftwerken von Jahr zu Jahr unterscheiden.

## Solarzellen (Photovoltaik)

Solarzellen (Photovoltaik) bestehen aus mehreren dünnen Platten aus leitfähigem Metall oder einem Halbleiter, wie Silizium. Die Platte nimmt durch den sogenannten photoelektrischen Effekt Sonnenlicht auf und gibt Elektronen ab, die als Strom genutzt werden. Entsprechend der Menge einfallenden Sonnenlichts wird mehr oder weniger Strom erzeugt. Einzelne Zellen können beliebig zusammengehängt werden. So sieht man wenige Platten auf Hausdächern oder an Fassaden für den Eigenge



werden. So sieht man wenige

## Solarzellen (Photovoltaik)

**Einfluss auf die Landschaft und die Bodennutzung**  
Über den gesamten Herstellungsweg gerechnet brauchen Solarzellen (Photovoltaik) etwa 300 m<sup>2</sup> Land, um 1 Million kWh Strom zu erzeugen. Anlagen auf Dächern und an Fassaden benötigen nur für den Abbau von Rohstoffen und die Herstellung der Solarzellen etwas Land. Grosse „Solarfarmen“ im Industriemassstab brauchen möglicherweise Fläche, die für andere Zwecke genutzt werden könnte. Das Bild auf der anderen Seite zeigt eine typische Anlage.

### Einfluss auf Tiere und Pflanzen

Durch Solarzellen (Photovoltaik) auf Hausdächern und an Fassaden gehen keine Lebensräume von Tieren und Pflanzen verloren. Durch Grosse „Solarfarmen“ auf Freiflächen, werden teilweise Lebensräume verloren gehen. Zusätzlich wird für den Abbau von Rohstoffen und die Herstellung der Solarzellen Land gebraucht. Lokale Luftverschmutzung an den Orten im Ausland, wo die Verarbeitung stattfindet, hat ebenfalls einen negativen Einfluss auf Tiere und Pflanzen, zum Beispiel durch sauren Regen und Feinstaub.

### Unfälle und Risiken

Das Risiko schwerer Unfälle ist für Solarzellen in entwickelten Ländern, wie der Schweiz, extrem niedrig. Im Durchschnitt kommt auf 30'000 Millionen kWh erzeugten Strom ein Todesfall. Ein typischer Unfall führt zu relativ geringen wirtschaftlichen Schäden und einer geringen Anzahl Todesopfer, aufgrund der beschränkten Grösse der Anlagen. Beispielweise führte eine Explosion in der Silizium Verarbeitungsanlage für Solarzellen in Japan 2014 zu 2 Todesopfern.

### Rohstoffe und Abfälle

Solarzellen werden als erneuerbare Art der Stromerzeugung verstanden. Über den gesamten Herstellungsweg gerechnet, benötigt 1 kWh Strom dennoch 0,3 kWh nicht-erneuerbare Energie für den Abbau von Rohstoffen und die Herstellung der Solarzellen. Solarzellen benötigen auch seltene Metalle, die global begrenzt sind. Über die Abfallmenge gibt es wenige verlässliche Daten. Der Feinstoffabfall ist teilweise giftig, was Produktionsrisiko hat, besonders durch unsachgemässe Entsorgung der Solarzellen.

### Stromkosten

Die Kosten für die Stromerzeugung mit Solarkraftwerken schwanken heute zwischen 15 und 37 Rp. pro kWh. Der Bau der Kraftwerke erfordert relativ hohe Investitionskosten, während die Kosten für den Betrieb vergleichsweise gering sind. Die Kosten sind in den letzten 10 Jahren stark gesunken. Für die Zukunft wird ein Rückgang der Kosten auf bis zu 7 bis 12 Rp. pro kWh erwartet.

### Versorgungssicherheit

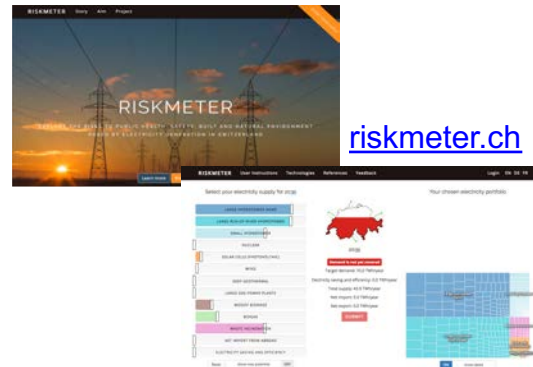
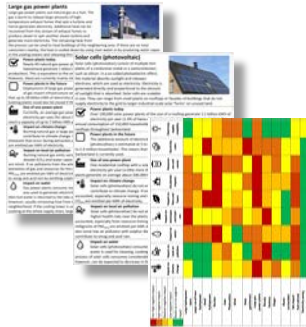
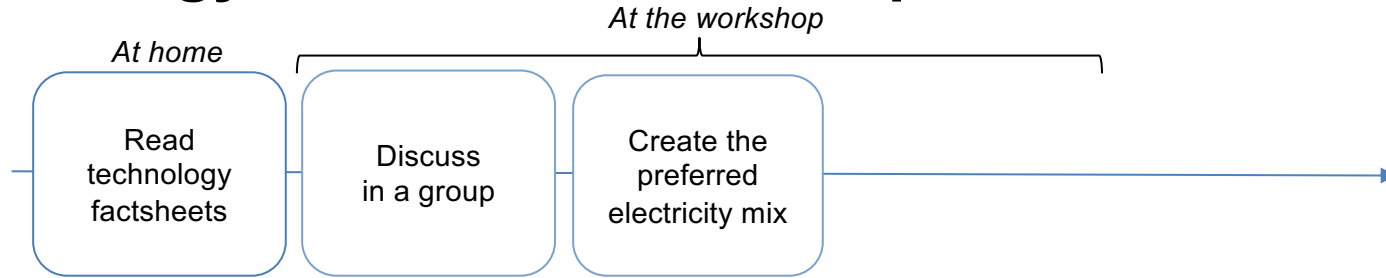
Solarzellen (Photovoltaik) sind eine lokal verfügbare, jedoch instabile und unflexible Art der Stromerzeugung. Da die Stromerzeugung direkt von der Sonneneinstrahlung abhängt, gibt es Tag-Nacht sowie saisonale Schwankungen. Diese Tag-Nacht-Schwankungen können durch angeschlossene Batterien teilweise ausgeglichen werden, Ansonsten muss der Betrieb der übrigen Kraftwerke im Stromnetz angepasst werden, um die Schwankungen auszugleichen zu können.

	Klimawandel	lokale Umgebungsluft	Gewässer	Landwirtschaft und Bodennutzung	Tiere und Pflanzen	Unfälle und Risiken	Rohstoffe und Abfälle	Stromkosten	Versorgungssicherheit
Sehr hoher negativer Einfluss									
Hoher negativer Einfluss									
Mittlerer negativer Einfluss									
Geringer negativer Einfluss									
Kein oder sehr geringer negativer Einfluss									
Grosse (Pump-) Speicherwasserkraftwerke									
Laufwasserkraftwerke									
Kleinwasserkraftwerke									
Atomkraftwerke									
Solarzellen (Photovoltaik)									
Windkraftwerke									
Tiefengeothermieanlagen									
Grosse Erdgaskraftwerke									
Biomassekraftwerke (Holz)									
Biogasanlagen									
Kohleverbrennungsanlagen									
Stromerzeugung aus dem Ausland									
Strombedarf senken									

One for each technology, 30 pages in total  
(Download at: [riskmeter.ch](http://riskmeter.ch) in French, German or English)

Source: Volken et al. (2018) Environmental Science & Technology

# Methodology: an informed citizen panel



Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*



# Interactive online-tool Riskmeter


RISKMETER User Instructions Technologies References Feedback Login EN DE FR

Select your electricity supply for 2035

- LARGE HYDROPOWER DAMS
- LARGE RUN-OF-RIVER HYDROPOWER
- SMALL HYDROPOWER
- NUCLEAR
- SOLAR CELLS (PHOTOVOLTAIC)
- WIND
- DEEP GEOTHERMAL
- LARGE GAS POWER PLANTS
- WOODY BIOMASS
- BIOGAS
- WASTE INCINERATION
- NET IMPORT FROM ABROAD
- ELECTRICITY SAVING AND EFFICIENCY

Reset

show max potential OFF



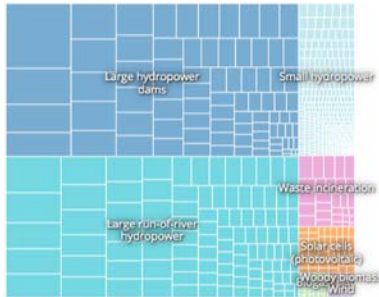
2035

**Demand is not yet covered**

Target demand: 70.0 TWh/year  
Electricity saving and efficiency: 0.0 TWh/year  
Total supply: 43.9 TWh/year  
Net import: 0.0 TWh/year  
Net export: 0.0 TWh/year

SUBMIT

Your chosen electricity portfolio



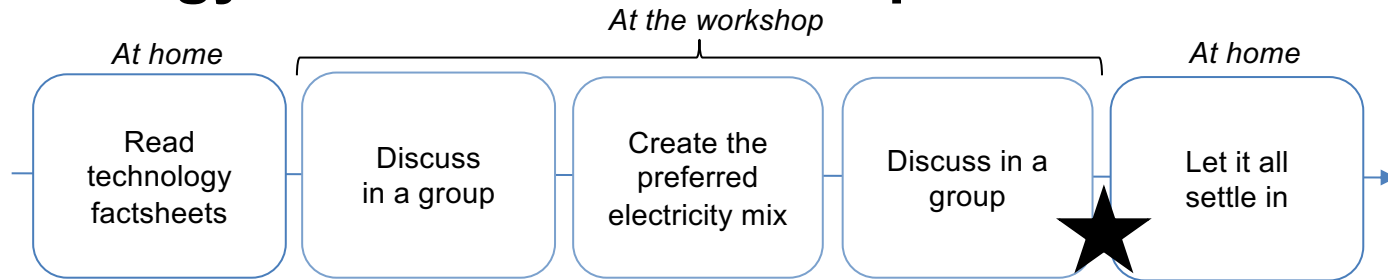
ON show labels

Large hydropower dams  
Small hydropower  
Large run-of-river hydropower  
Waste incineration  
Solar cells photovoltaic  
Woody biomass  
Wind

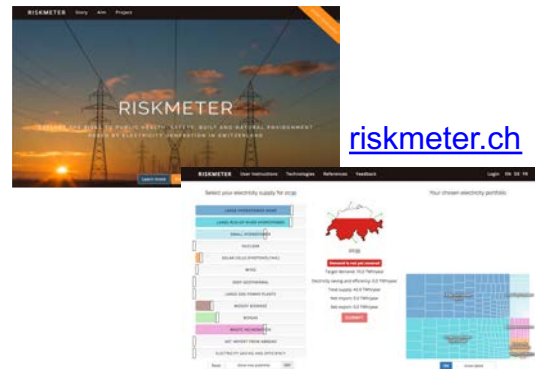
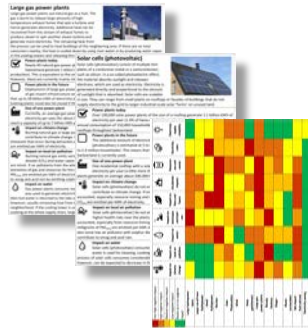
[riskmeter.ch](http://riskmeter.ch)

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# Methodology: an informed citizen panel



***Informed citizen panel***



Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*



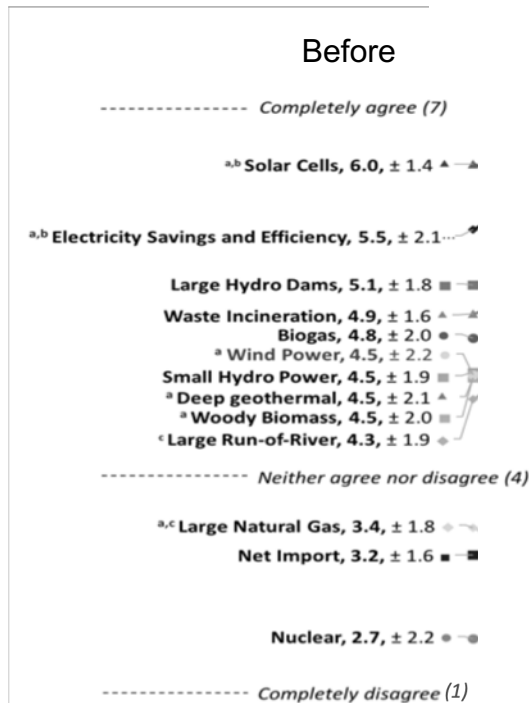
# Our informed citizen panel

- **N=46** from the German part of Switzerland (near Zurich)
- **Recruited to represent diversity in initial technology preferences**
- Socio-demographic characteristics:
  - A little older than the Swiss average: 18-77 years, 42.1 years on average (CH: 41.4 years)
  - Representative in terms of gender: 50% female (CH: 50.9%)
  - More educated: 66.7% finished a gymnasium (CH: 40.9%), 40.0% had a Bachelor degree (CH: 16.9%)



Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

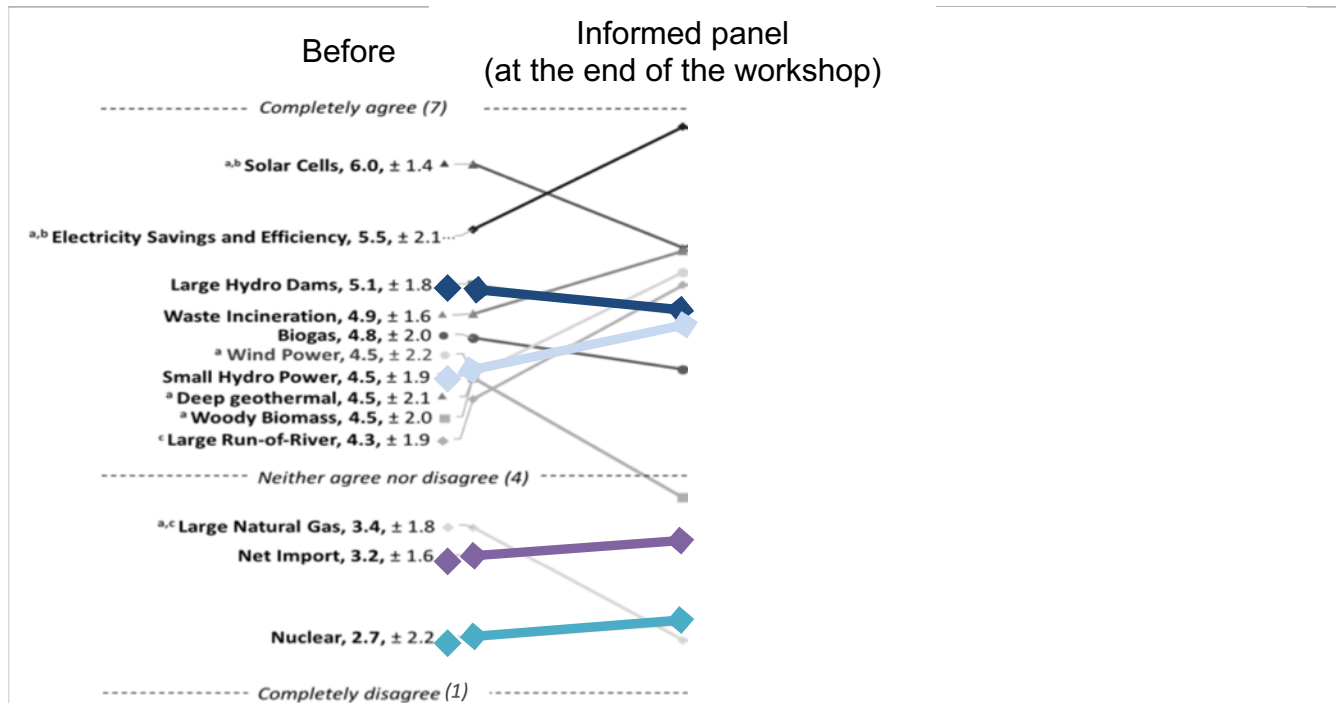
# To what extent do you agree with further development of these electricity technologies in Switzerland to 2035?



p<0.05:  
<sup>a</sup> before vs. informed  
<sup>b</sup> informed vs. after 4 weeks  
<sup>c</sup> before vs. 4 weeks

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

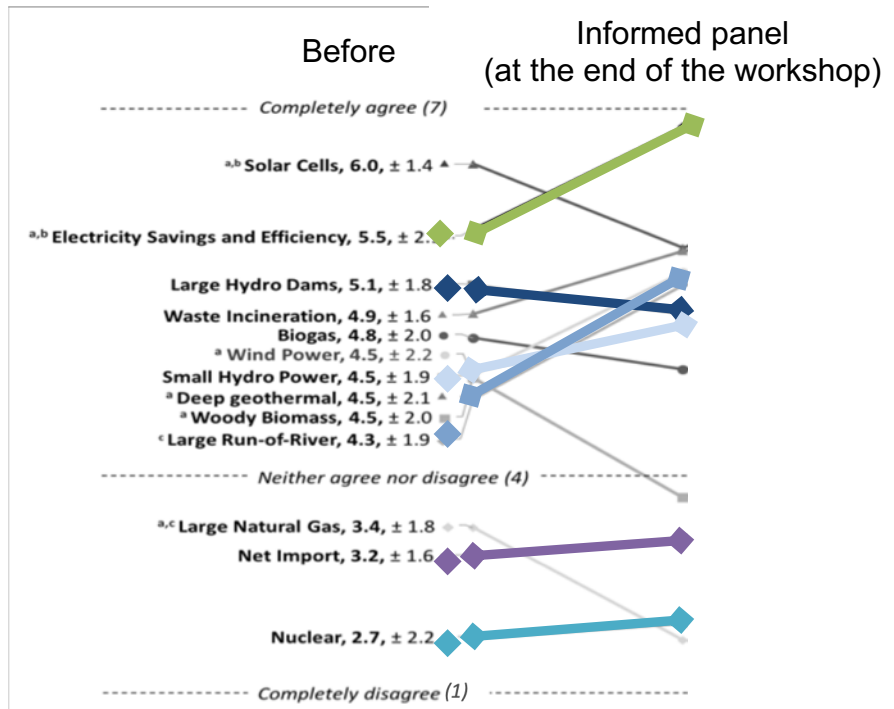
# To what extent do you agree with further development of these electricity technologies in Switzerland to 2035?



p<0.05:  
<sup>a</sup> before vs. informed  
<sup>b</sup> informed vs. after 4 weeks  
<sup>c</sup> before vs. 4 weeks

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

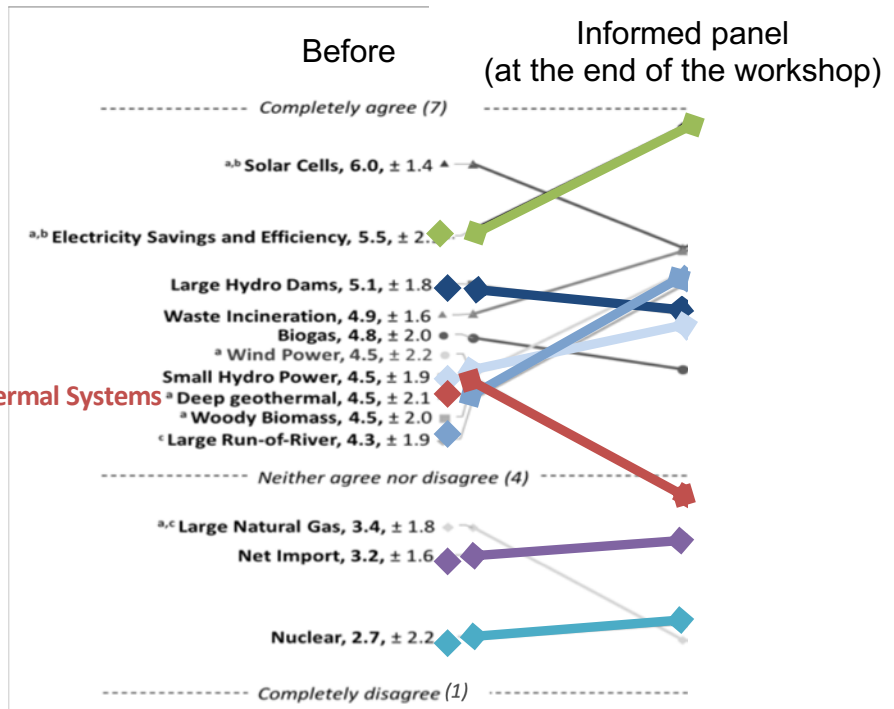
# To what extent do you agree with further development of these electricity technologies in Switzerland to 2035?



p<0.05:  
<sup>a</sup> before vs. informed  
<sup>b</sup> informed vs. after 4 weeks  
<sup>c</sup> before vs. 4 weeks

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# To what extent do you agree with further development of these electricity technologies in Switzerland to 2035?

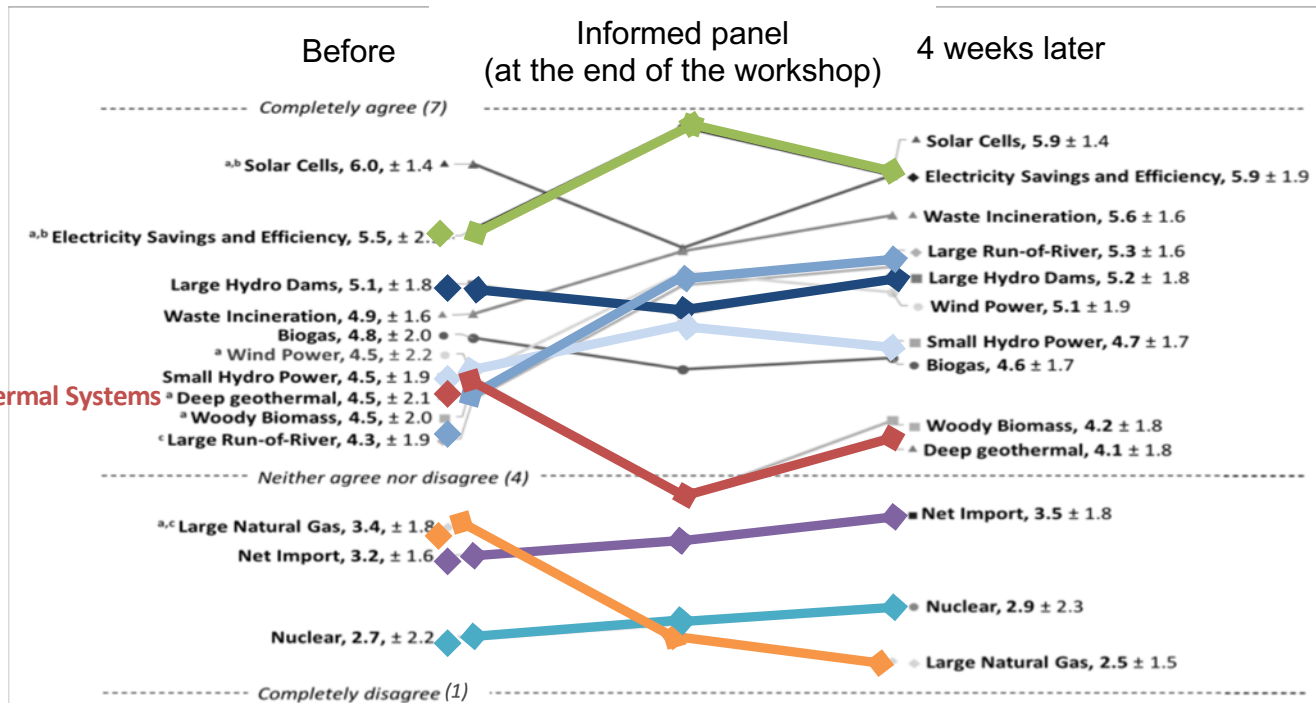


Enhanced Geothermal Systems

p<0.05:  
<sup>a</sup> before vs. informed  
<sup>b</sup> informed vs. after 4 weeks  
<sup>c</sup> before vs. 4 weeks

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# To what extent do you agree with further development of these electricity technologies in Switzerland to 2035?



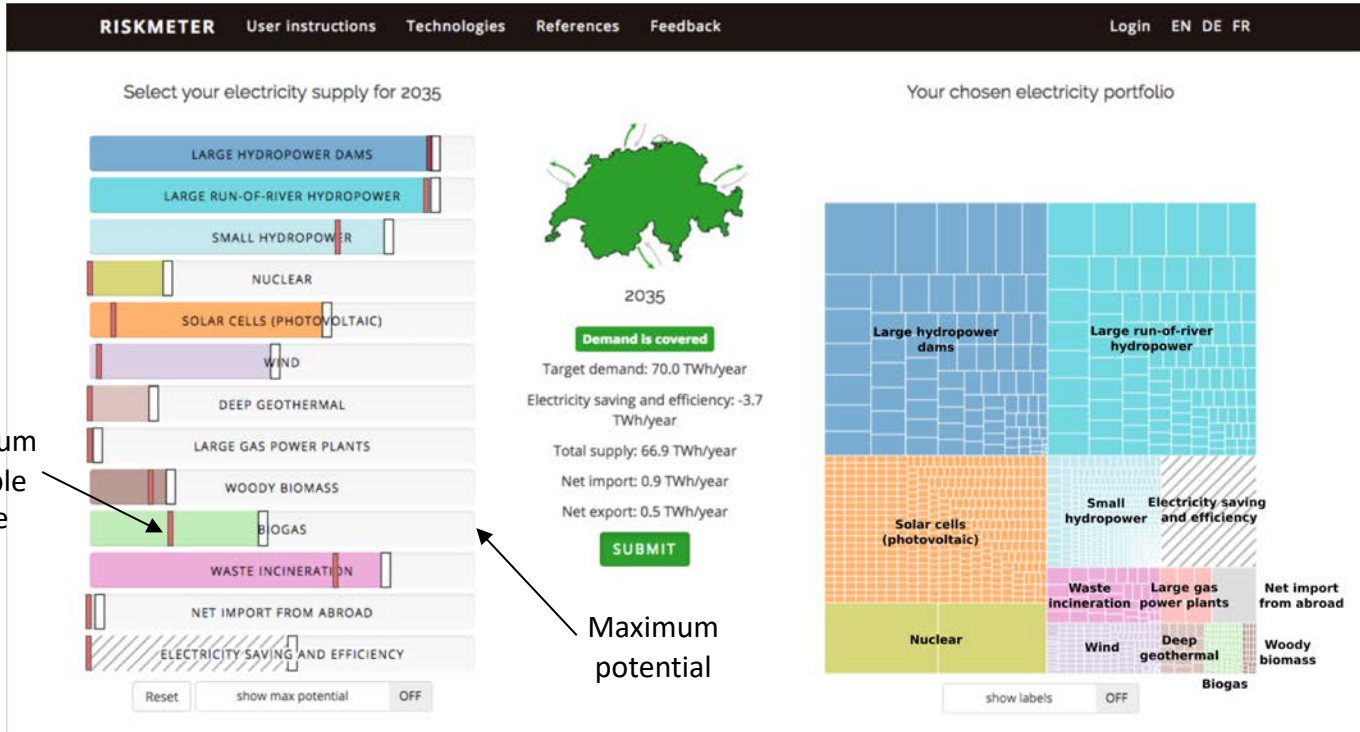
Enhanced Geothermal Systems

p<0.05:  
<sup>a</sup> before vs. informed  
<sup>b</sup> informed vs. after 4 weeks  
<sup>c</sup> before vs. 4 weeks

Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*



# Average preferred electricity mix of the panel



Minimum possible value

Maximum potential


Source: Volken et al. (2018) *Environmental Science & Technology*

# Summary

- Informed panel's **preferences differ from those in a conventional survey**
- This is **especially the case for new technologies, such as EGS**, for which stable opinions do not yet exist
- More **information does not necessarily lead to increased acceptance**
- A **diversified Swiss electricity mix** that also includes EGS is still preferred by the informed panel



# Perspectives of Informed Citizen Panel on Low-Carbon Electricity Portfolios in Switzerland and Longer-Term Evaluation of Informational Materials

Sandra P. Volken,<sup>†</sup> Georgios Xexakis,<sup>†,‡</sup> and Evelina Trutnevyte<sup>\*,†,‡</sup> 

<sup>†</sup>Institute for Environmental Decisions (IED), Department of Environmental Systems Science, ETH Zurich, CH-8092 Zurich, Switzerland

<sup>‡</sup>Renewable Energy Systems, Institute for Environmental Sciences (ISE), Section of Earth and Environmental Sciences, Department of F.-A. Forel for Environmental and Aquatic Sciences, University of Geneva, Uni Carl Vogt, Boulevard Carl Vogt 66, CH-1211 Geneva 4, Switzerland

Thank you! Please get in touch  
with questions and comments:



**Prof. Evelina Trutnevyte**  
**Renewable Energy Systems, University of Geneva**

Email: [evelina.trutnevyte@unige.ch](mailto:evelina.trutnevyte@unige.ch)

Website: [www.unige.ch/res](http://www.unige.ch/res)

Twitter: [@etrutnevyte](https://twitter.com/etrutnevyte)



SWISS NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

This work was supported by SNSF Ambizione  
Energy grant No. 160563