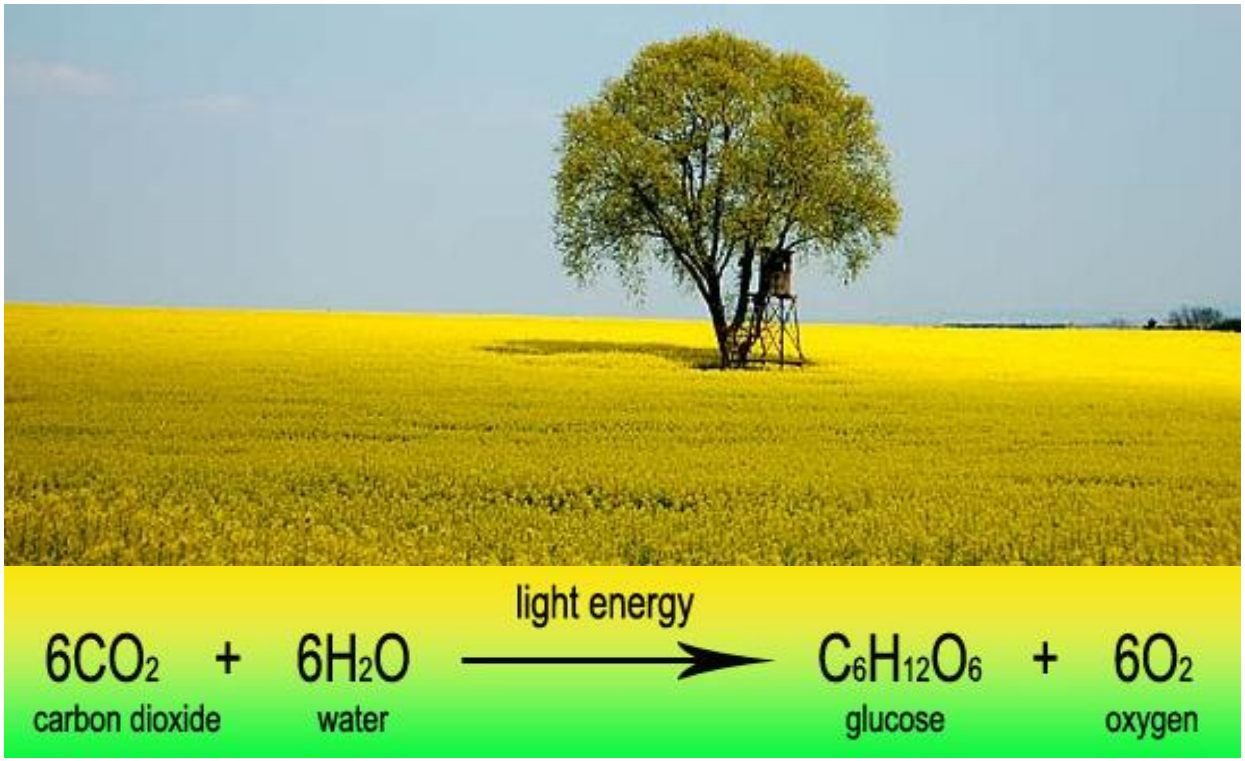
Willkommen
Welcome
Bienvenue

Empa
Materials Science and Technology

Die Natur weiss wie's geht – und wieviel muss ich wissen, um es im Unterricht zu behandeln?

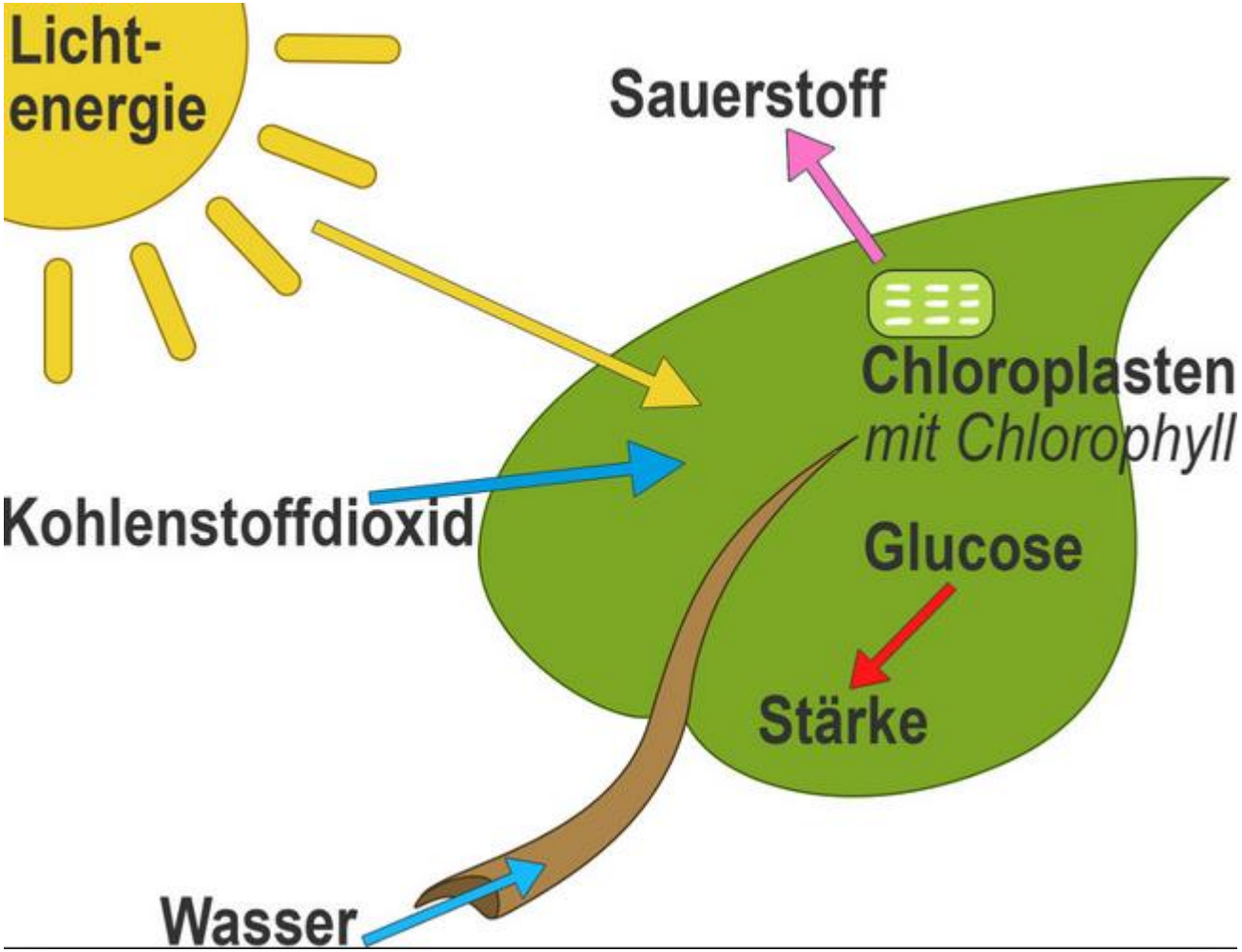
SWISE Innovationstag
25. März 2017

Gian-Luca Bona



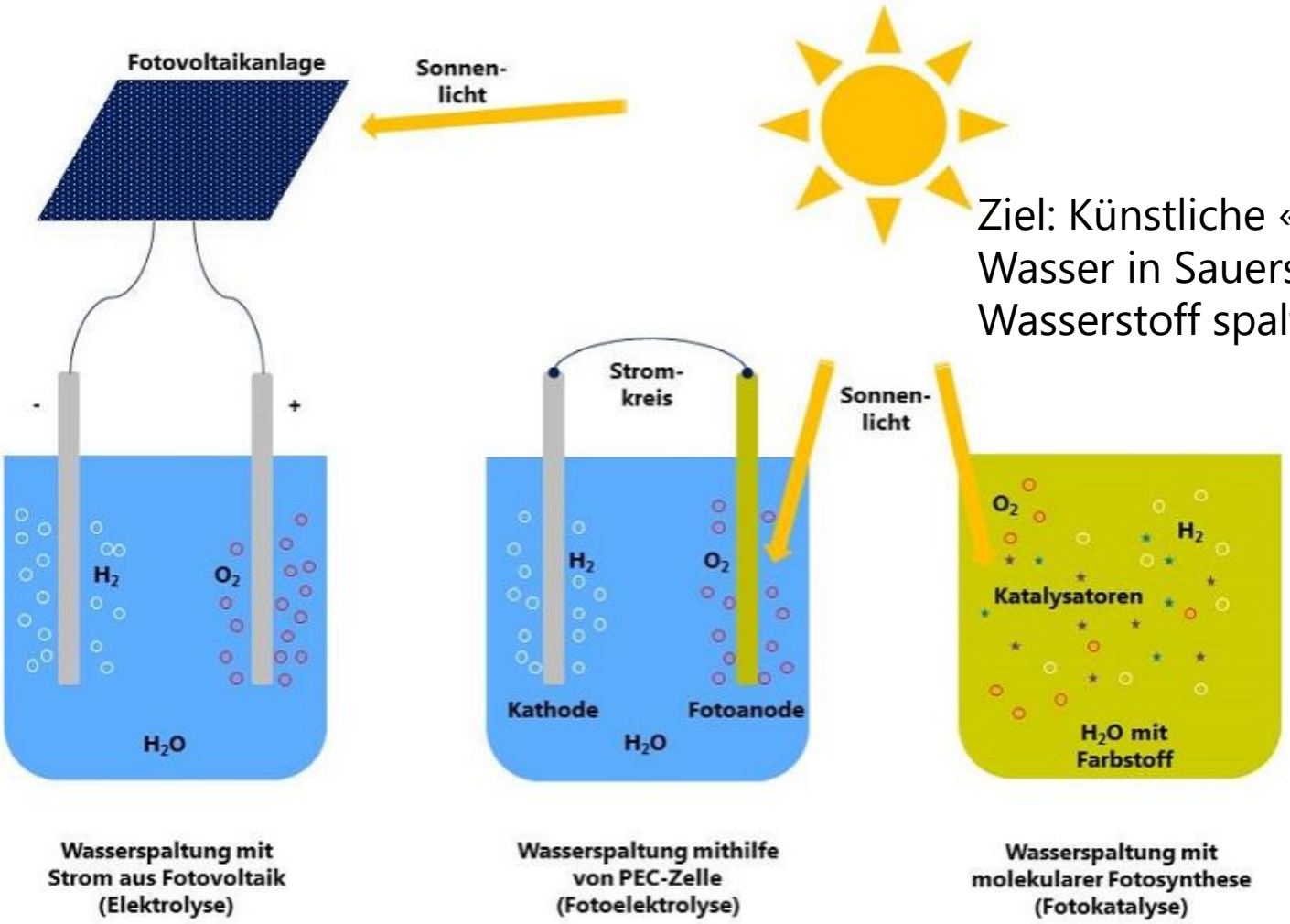
Die Natur weiss wie's geht

Ziel: Künstliche «Photosynthese»
Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff spalten



Auf dem Weg zur künstlichen Fotosynthese

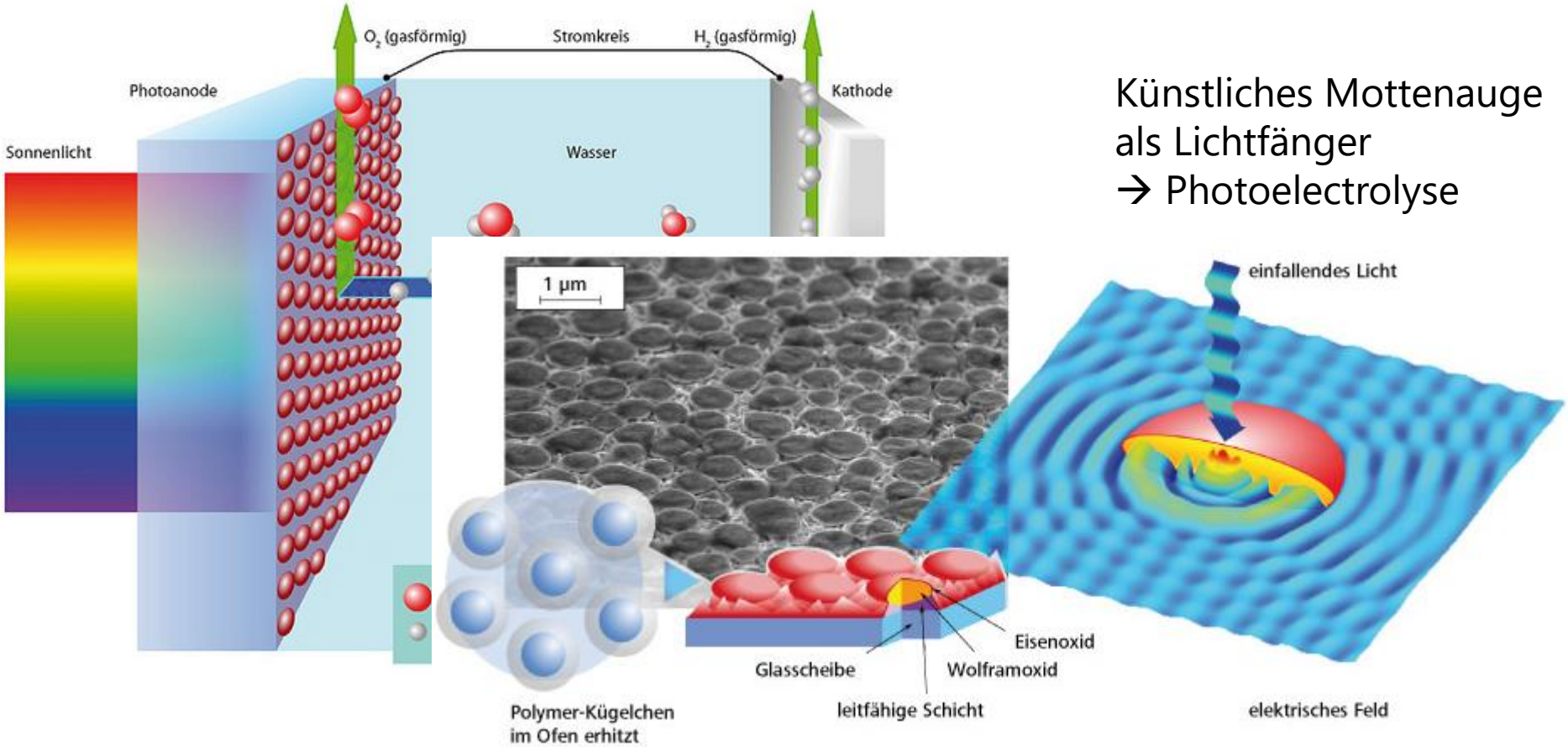
Die Natur weiss, wie's geht – die Forschung im Prinzip auch



Ziel: Künstliche «Photosynthese»
Wasser in Sauerstoff und
Wasserstoff spalten

Die Natur weiss, wie's geht – die Forschung im Prinzip auch

Empa
Materials Science and Technology



Künstliches Mottenauge als Lichtfänger
→ Photoelectrolyse

'Photonic light trapping in self-organized all-oxide microspheroids impacts photoelectrochemical water splitting'
Florent Boudoire,* Rita Toth,a Jakob Heier, Artur Braun and Edwin C. Constable
Energy Environ. Sci., 2014,7, 2680-2688

Nicht für alle gleich verständlich

Empa
Materials Science and Technology

- Wie funktioniert schon wieder Photosynthese?
- Was ist Elektrolyse? Und Fotokatalyse?
- War das nicht was mit dieser langen chemischen Formel?
- Das habe ich noch nie verstanden…

www.fotolia.de

Auch nicht für alle Lehrer und Lehrerinnen

www.europamachtschule.de

… mich eingeschlossen

- Was tun, wenn man bei gewissen Fragestellungen ansteht?
- Was tun, wenn das eigene Wissen unzulänglich erscheint?

Motivation für Naturwissenschaft und Technik

- Freude an exaktem Arbeiten, Zahlen, abstraktem Denken, Konstruktionen…

www.welt.de

Motivation für Naturwissenschaft und Technik

Empa
Materials Science and Technology

Neugier

www.animals.desktopnexus.com

www.viralforest.com

Ein direkter Weg zur Neugier in MINT-Fächern sind ungeklärte Fragen (persönliche oder wissenschaftliche)

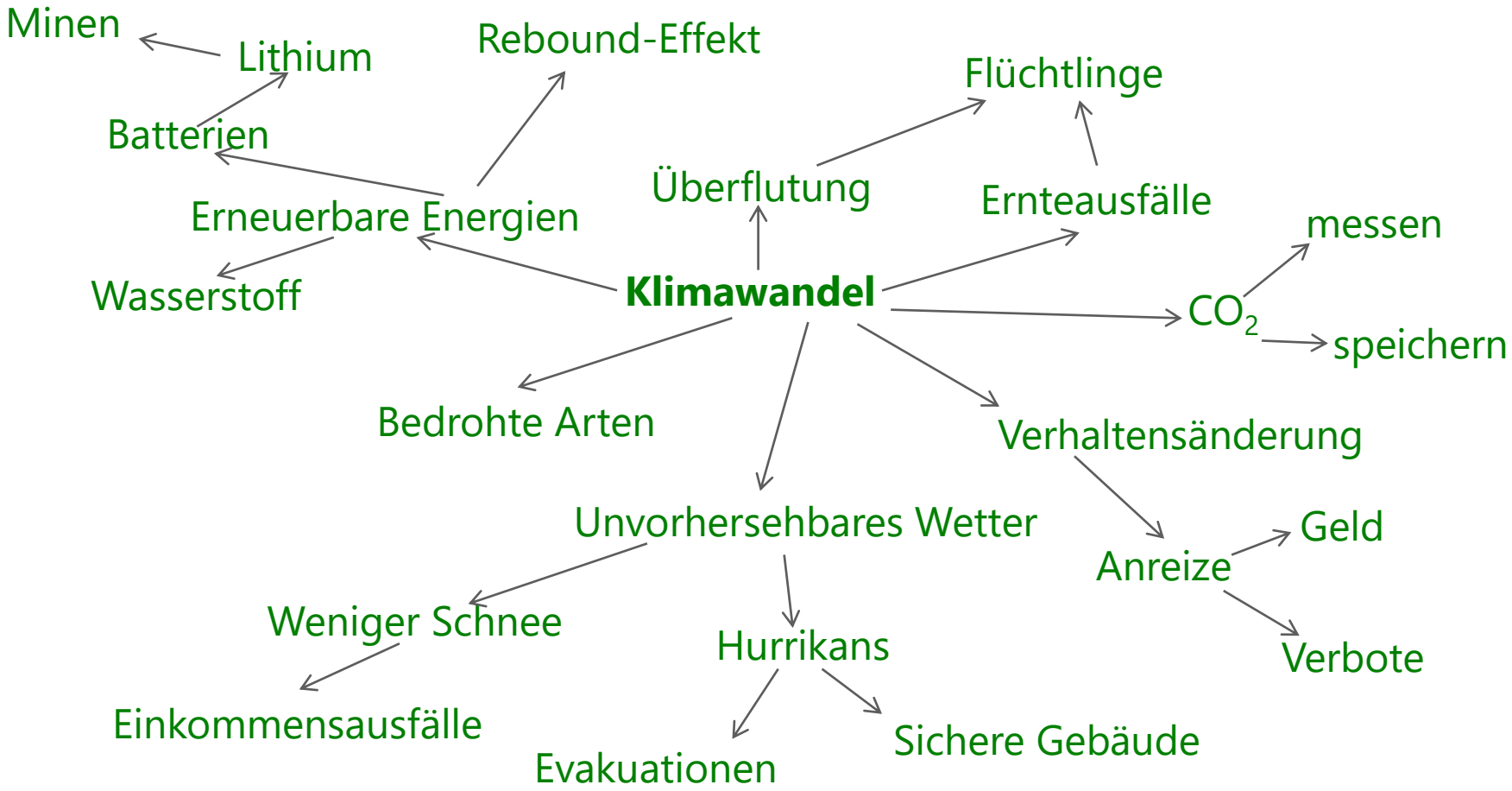
Empa
Materials Science and Technology

- Warum fährt das Fahrrad?
- Warum essen wir regelmässig?
- Warum wachsen wir?
- Was sind Treibstoffe?
- Was treibt ein Auto an?
- Woher kommt die Energie?
- Wieso verändert sich das Klima?

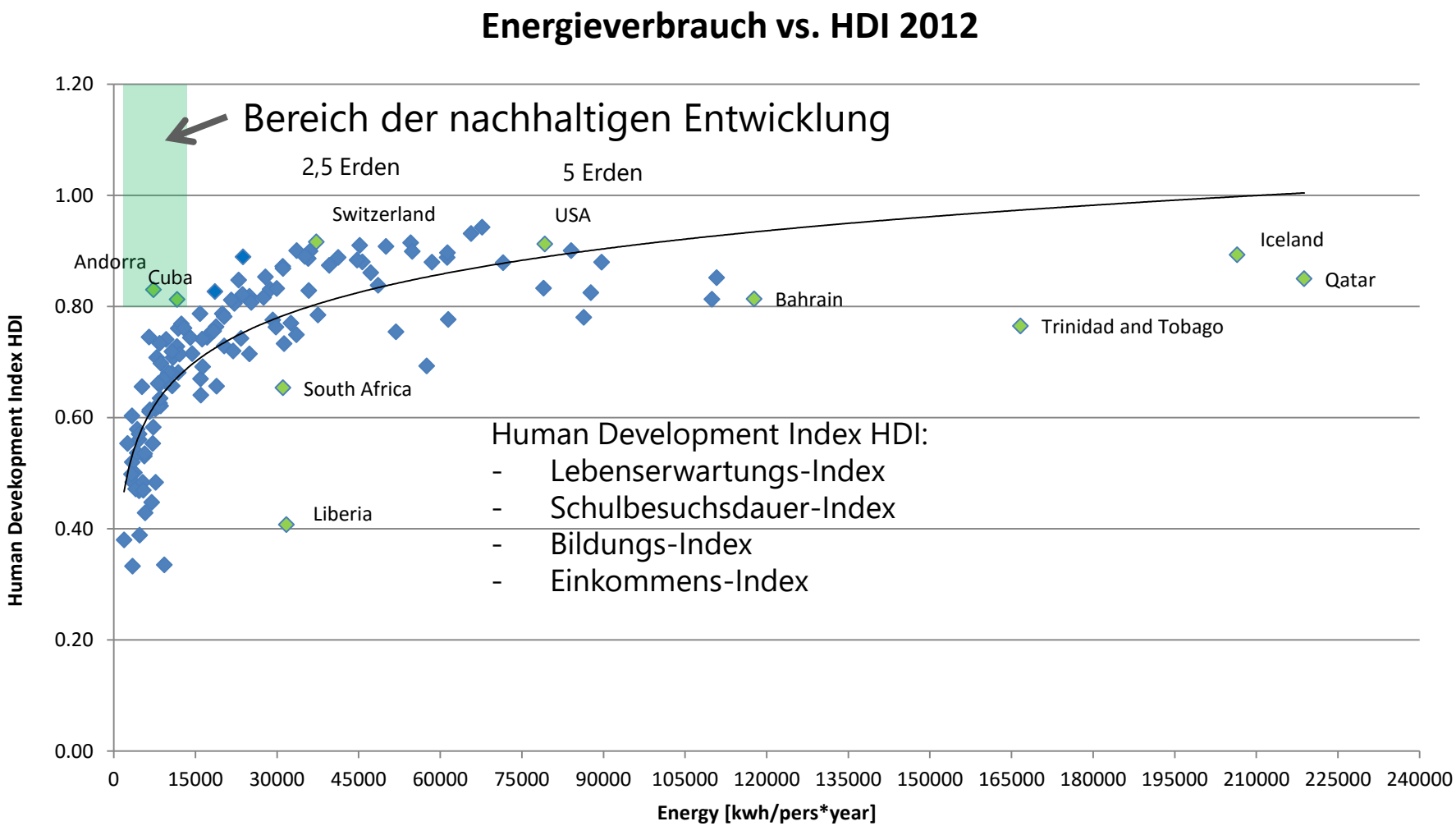
- Was geschieht im Schwarzen Loch?
- Was ist Dunkle Materie?
- Was geschah beim «Urknall»?

Ein indirekterer Weg zur Neugier: Gesellschaftliche Probleme

- Gesellschaftliche Herausforderungen bestehen aus vielen verschiedenen Komponenten, die sich gegenseitig beeinflussen. Sie betreffen uns definitionsgemäss alle und wecken darum Neugier.



Energieverbrauch im Vergleich zum Entwicklungsstand

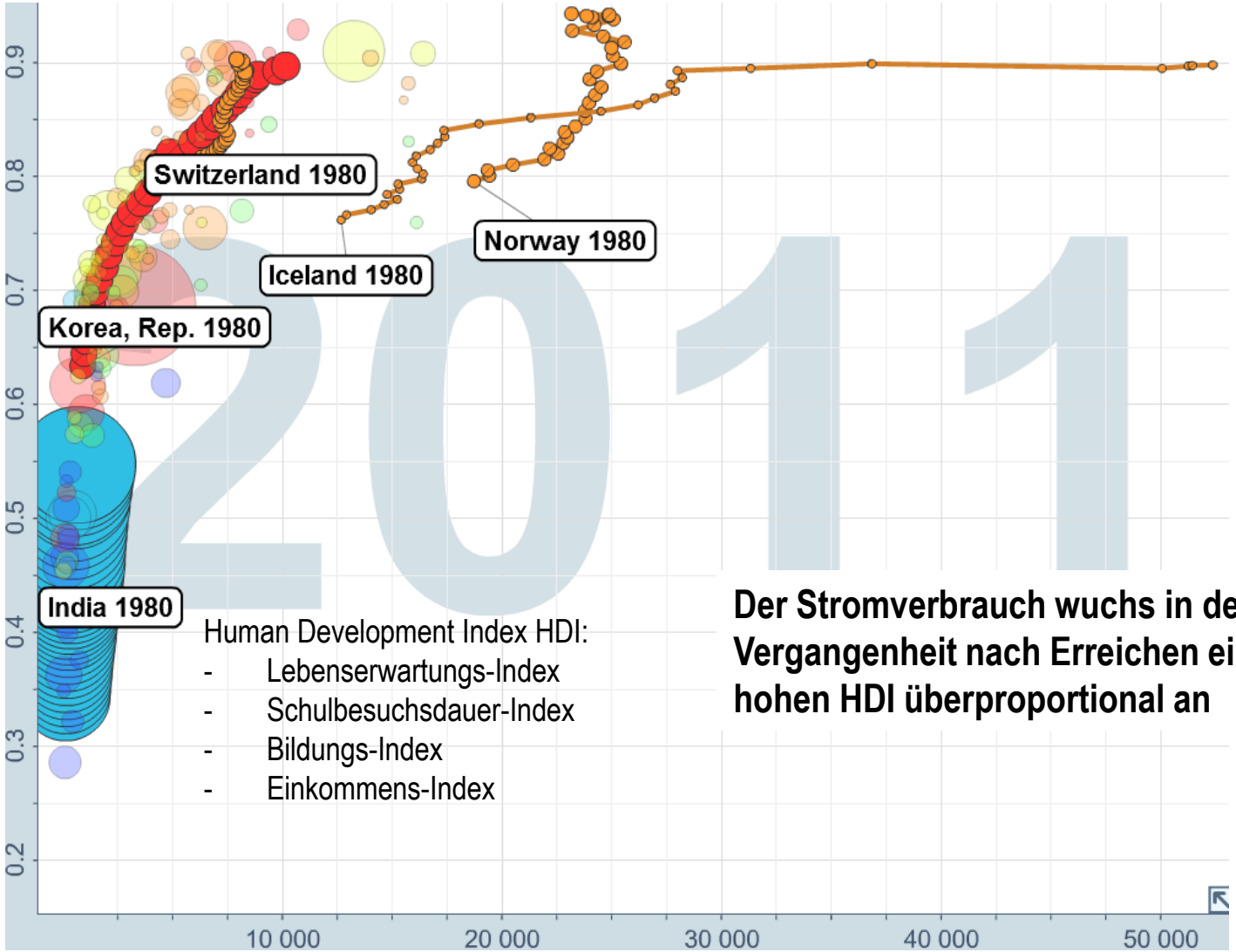


Datenquelle: http://hdr.undp.org/en

Stromverbrauch im Vergleich zu Entwicklungsstand

Empa
Materials Science and Technology

HDI



Human Development Index HDI:
- Lebenserwartungs-Index
- Schulbesuchsdauer-Index
- Bildungs-Index
- Einkommens-Index

Der Stromverbrauch wuchs in der Vergangenheit nach Erreichen eines hohen HDI überproportional an

Source: gapminder .org

kWh_{el} / Person * Jahr

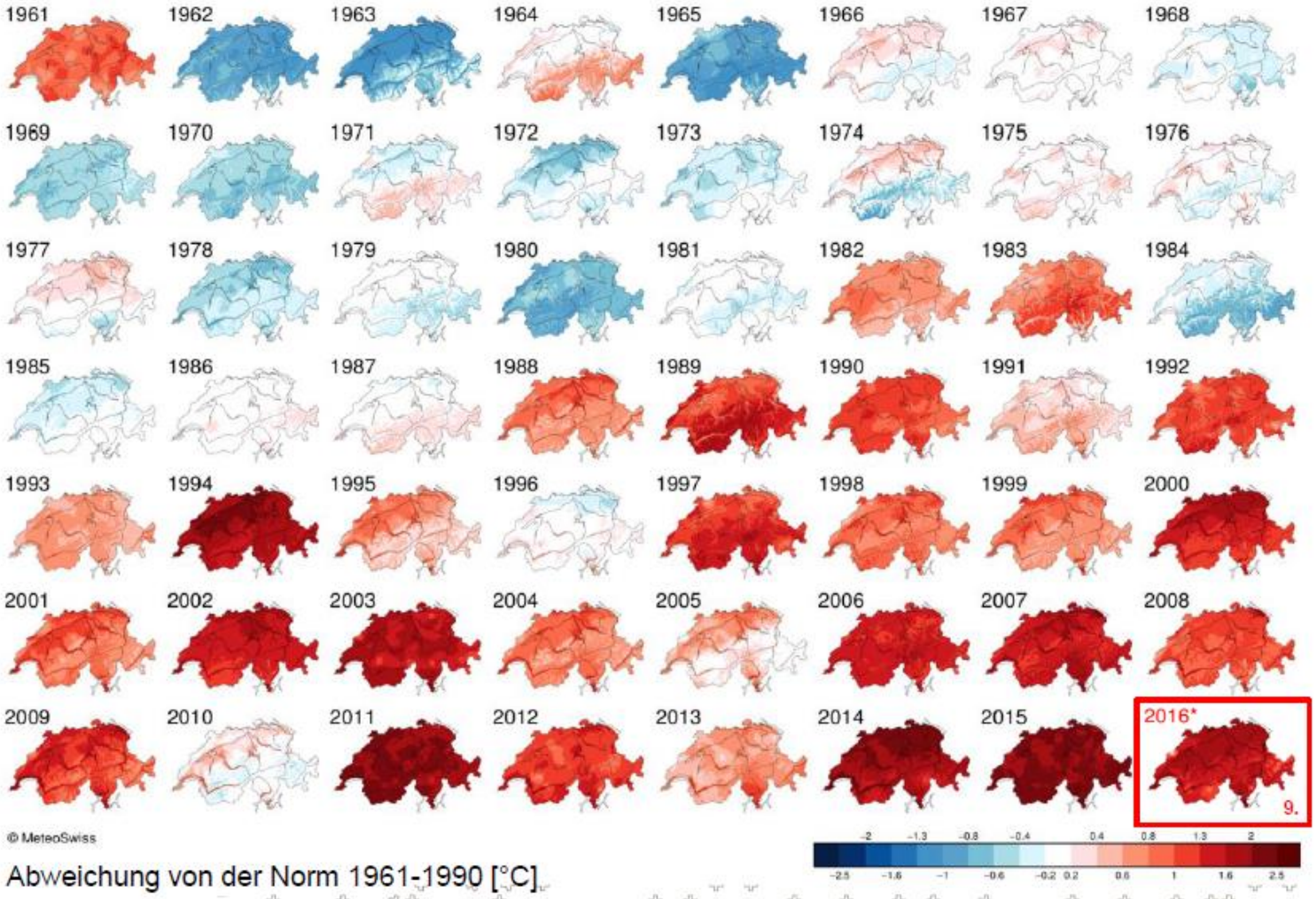
Energie und Umwelt

Empa
Materials Science and Technology

Rhonegletscher 1850 und 2010
www.ethlife.ethz.ch

Temperatur Schweiz 1961-2016

Temperaturzunahme seit 1900: ca. +1.9°C

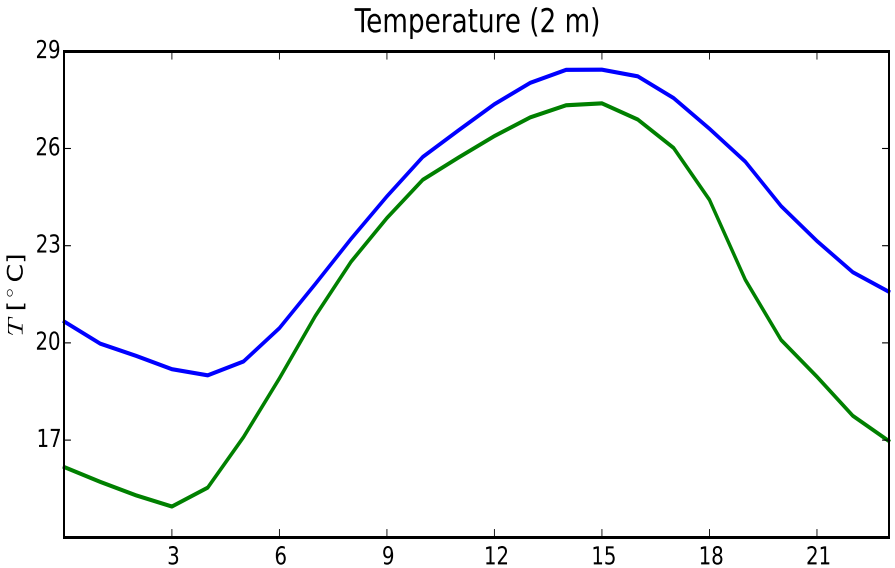


Abweichung von der Norm 1961-1990 [°C]

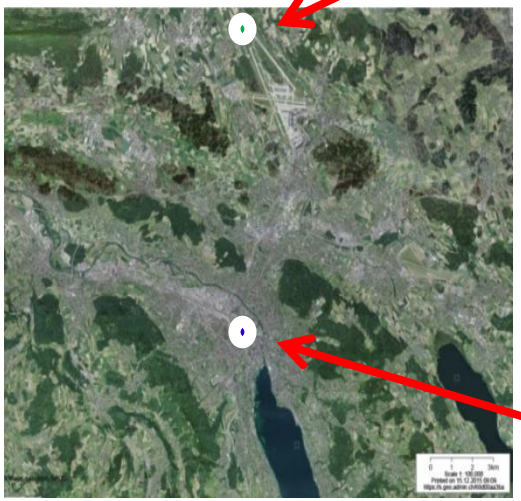
MeteoSchweiz

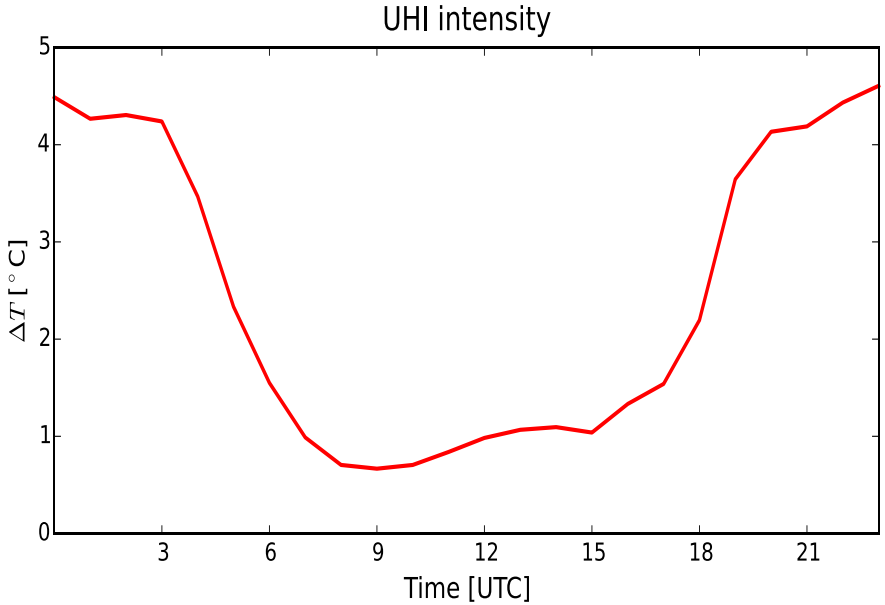
Wärmeinseln Effekte in Zürich

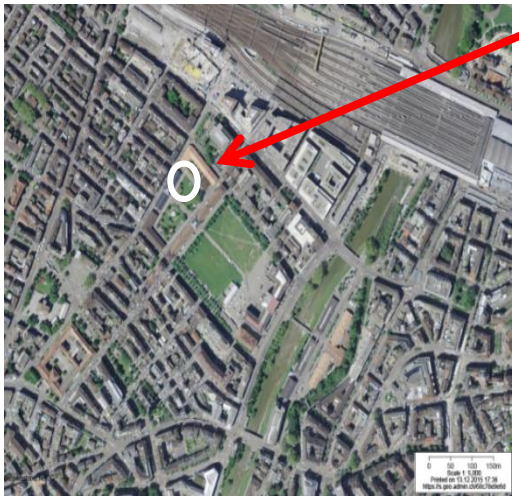
Empa
Materials Science and Technology



Flughafen Kloten





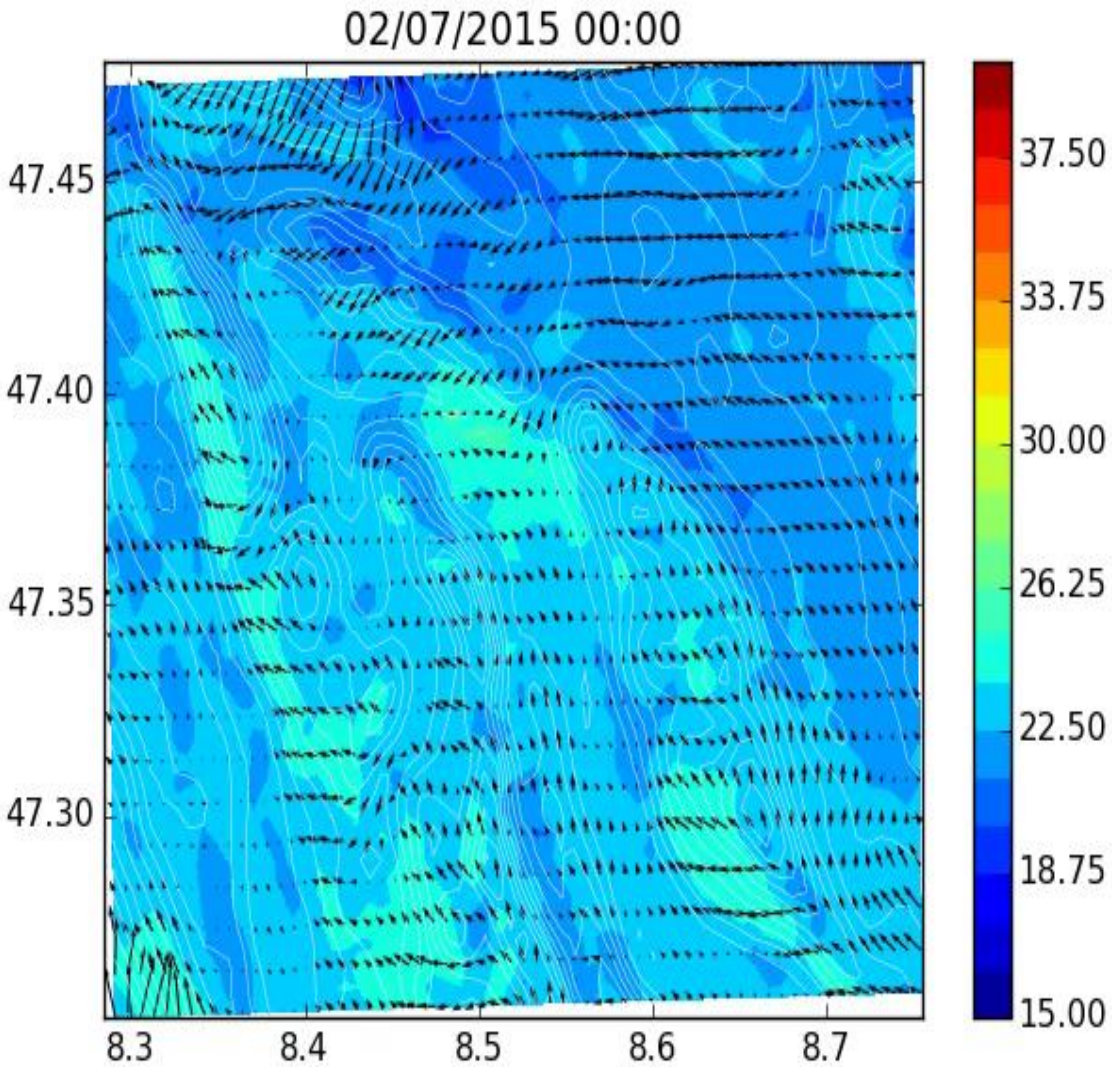


Stadtzentrum (Kasernenareal)

Modellierung Klima Stadt Zürich

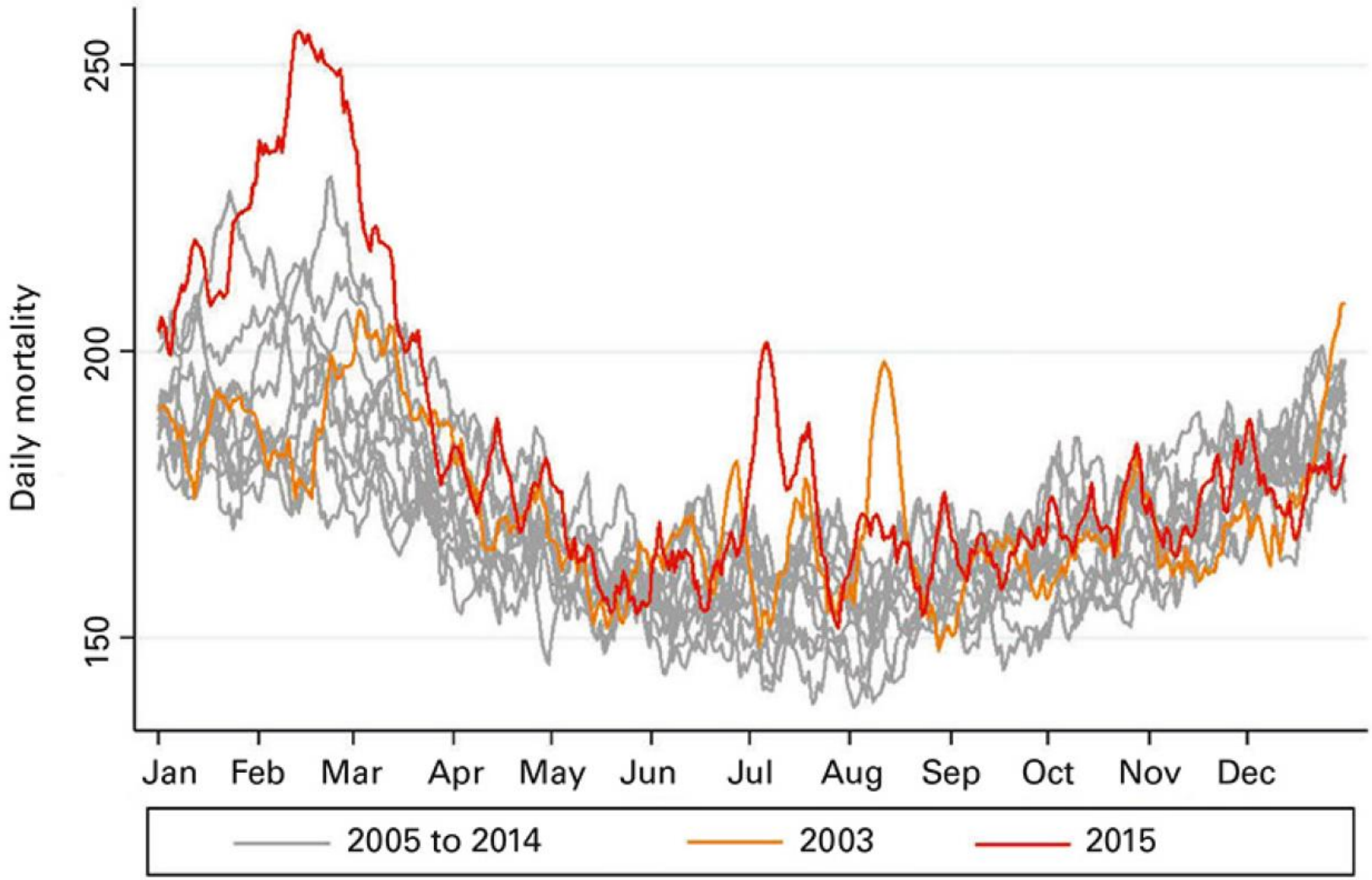
Empa
Materials Science and Technology

Lufttemperatur auf 2m Höhe



Gian Luca Mussetti

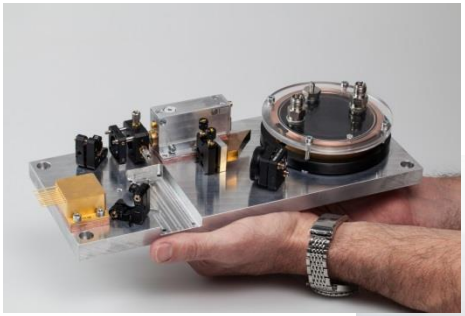
Exzessmortalität während der Hitzewellen 2003 und 2015

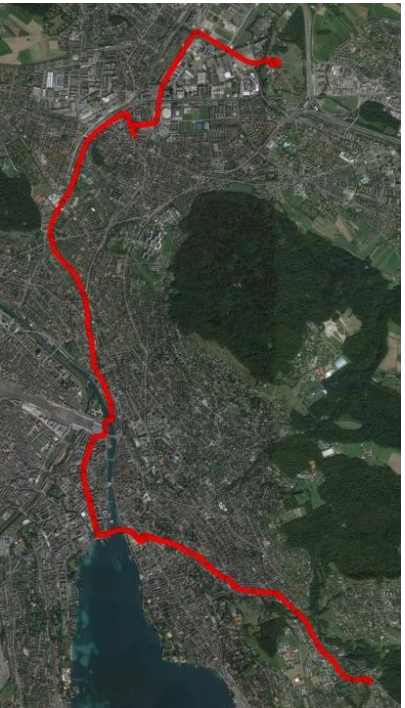


A. Vicedo-Cabrera et.al.; Swiss Medical Weekly, 2015

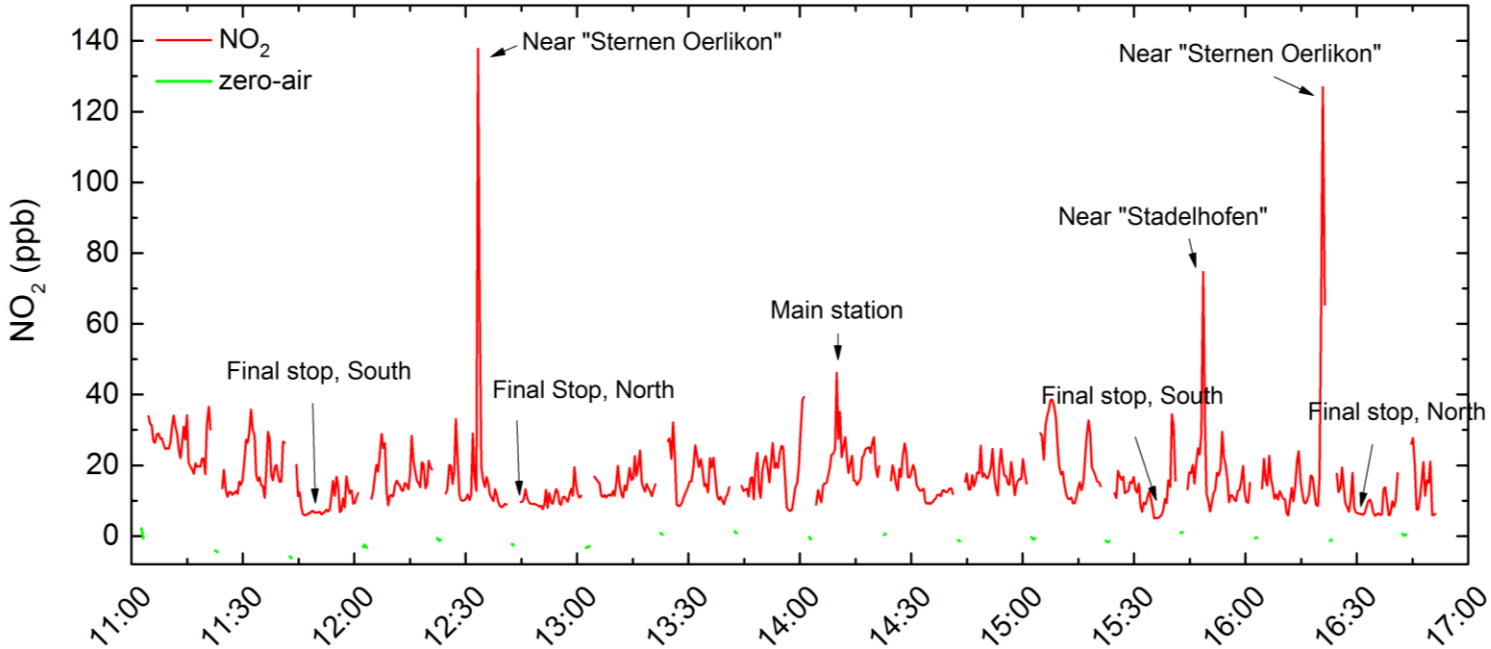
NO_2 Messungen auf Zürcher Tram

Empa
Materials Science and Technology



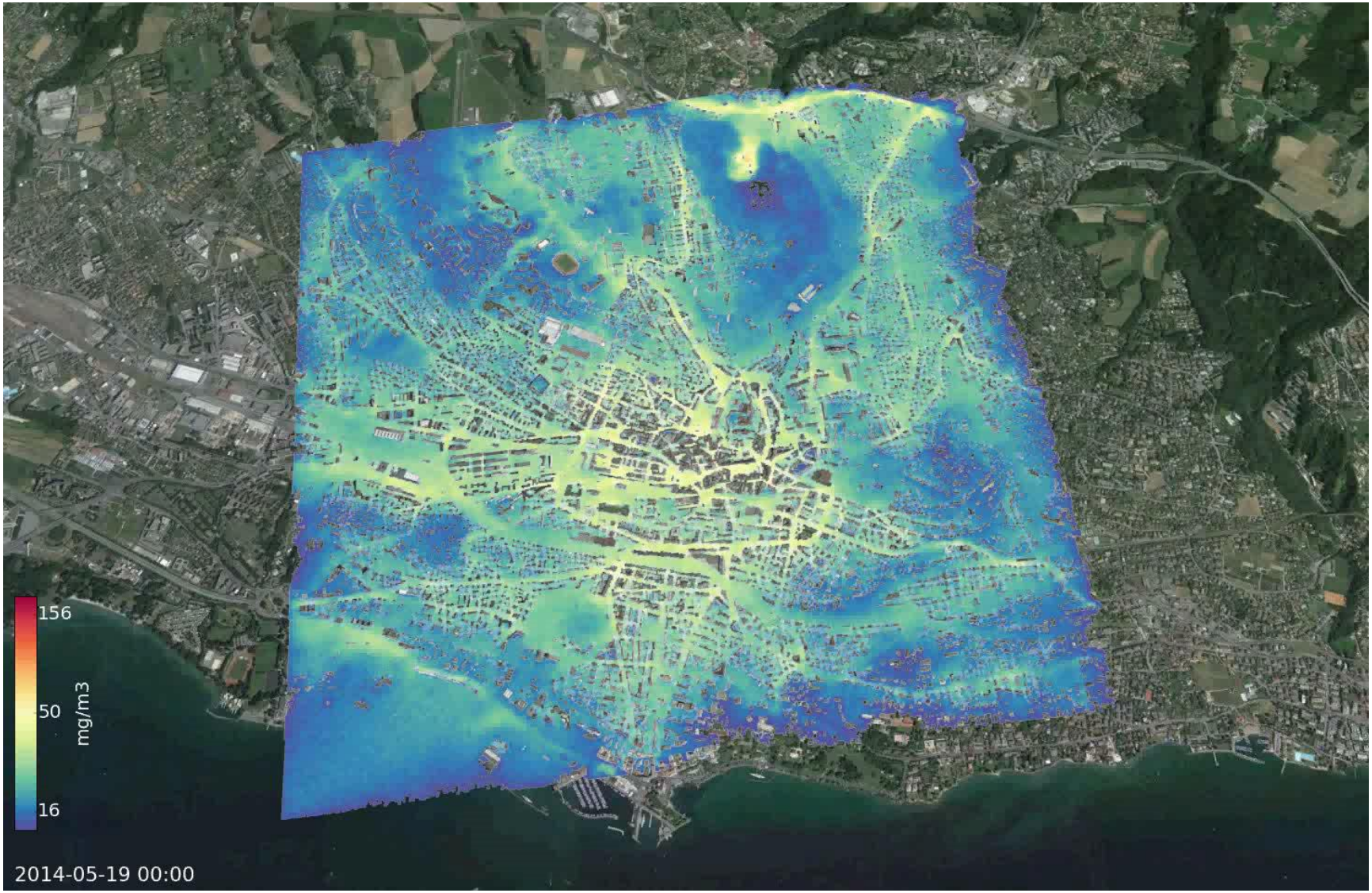


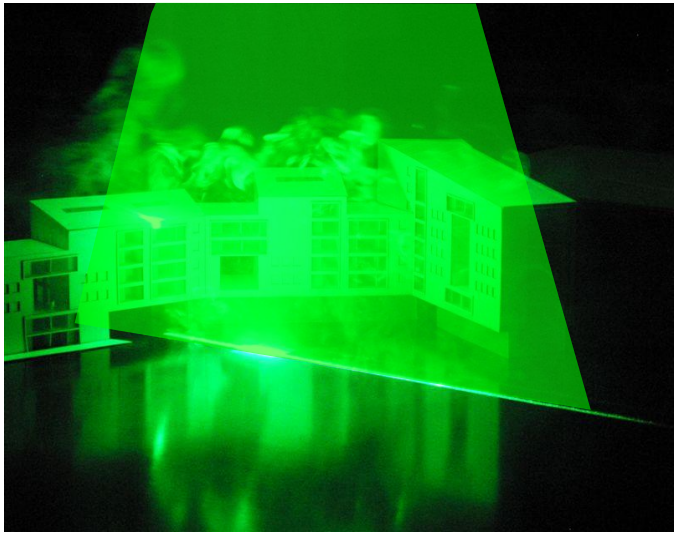
Tram line 11, 9/24/2015

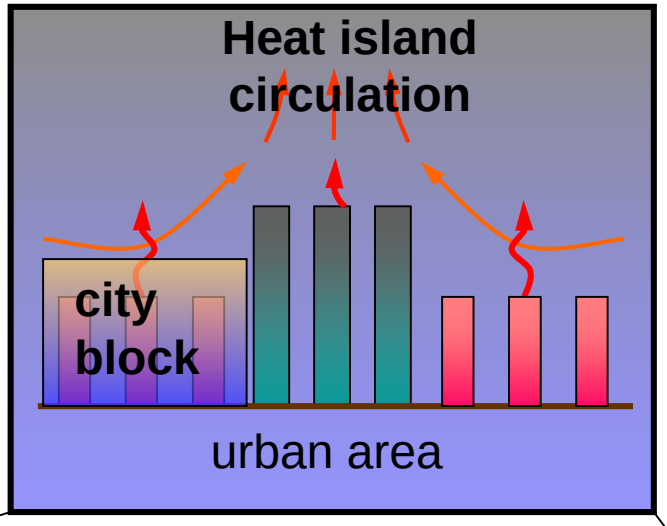


Entwicklung der NO_x Konzentration während eines Tages

Empa
Materials Science and Technology







Modellierungen und Validierungen im Windkanal

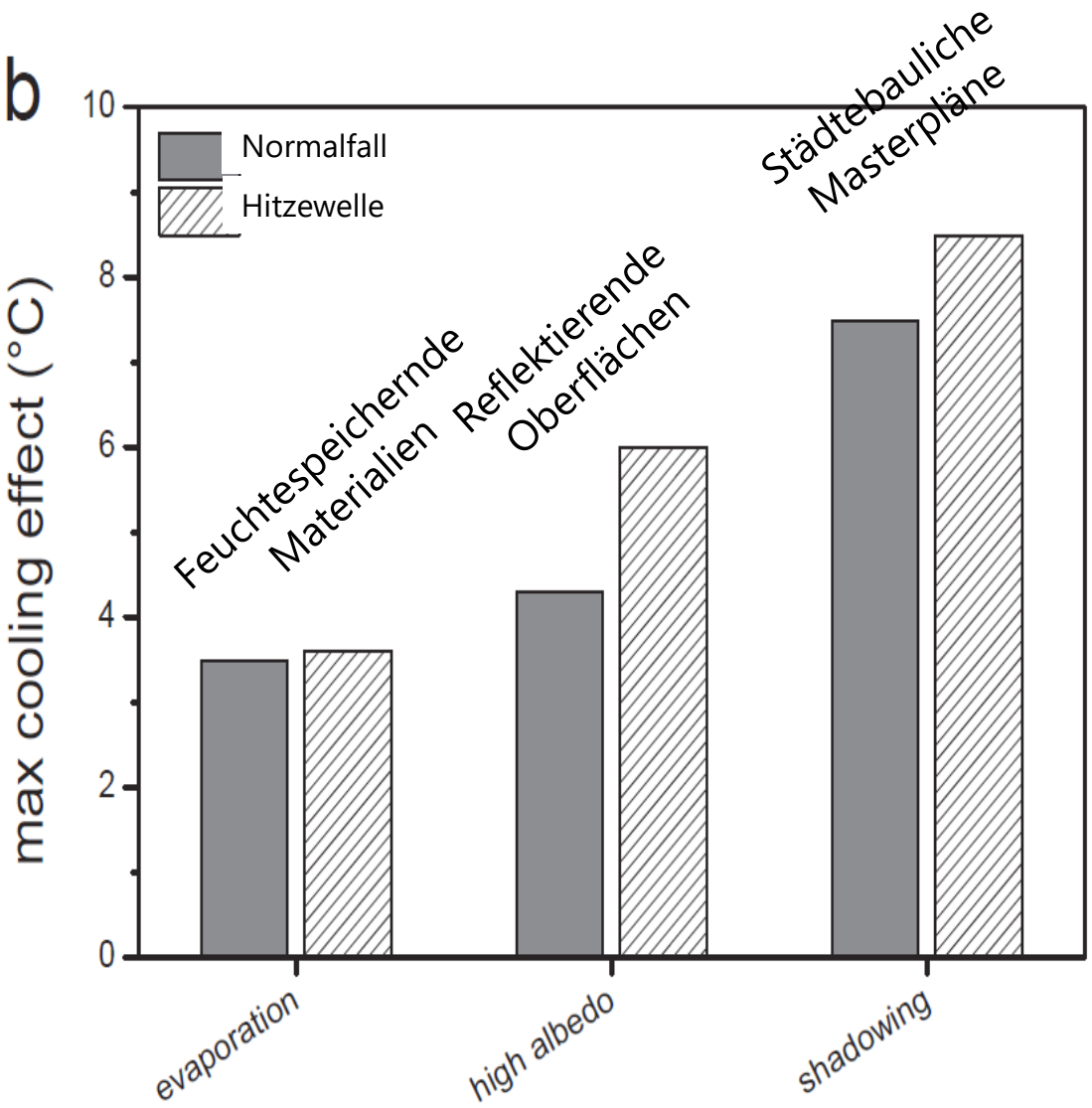
Niederdorf

Bahnhofstrasse

Neu-Oerlikon

Jan
Carmeliet
ETHZ/Empa

Kühleffekte im urbanen Raum



Ein indirekterer Weg zur Neugier: Gesellschaftliche Probleme

Empa
Materials Science and Technology

- Naturwissenschaftliche und Technische Grundlagen sind ein wichtiger Beitrag, um gesellschaftliche Probleme zu lösen

Klimawandel

- Erneuerbare Energien: Solarzellen entwickeln
- Batterien entwickeln
- Nach neuen Treibstoffe suchen
- Schadstoffe messen und berechnen
- CO_2-Quellen eruieren
- Lebenszyklen analysieren
- Gebäudeisolationen entwickeln
- Herausfinden, welcher Energieträger für welchen Einsatz am sinnvollsten ist
- …

Beispiel Klimawandel: Energieträger

Empa
Materials Science and Technology

- Wir wollen nicht länger von Energieträgern wie Erdöl, Kohle und Atom abhängig sein. Erstere schaden dem Klima, letztere bergen hohe Risiken bei einem Unfall.

www.ejatlas.com

www.welt.de

www.wdr.de

Kosten Fukujima bis jetzt:

- 175 Mia Euro
- 6000 Leute bis 2050
- 300’000 m3 Erde
- Wasserlecks
- 100’000 Leute in temp. Unterkünften

- Wir brauchen Energie:
  Welches sind sinnvolle Energieträger?

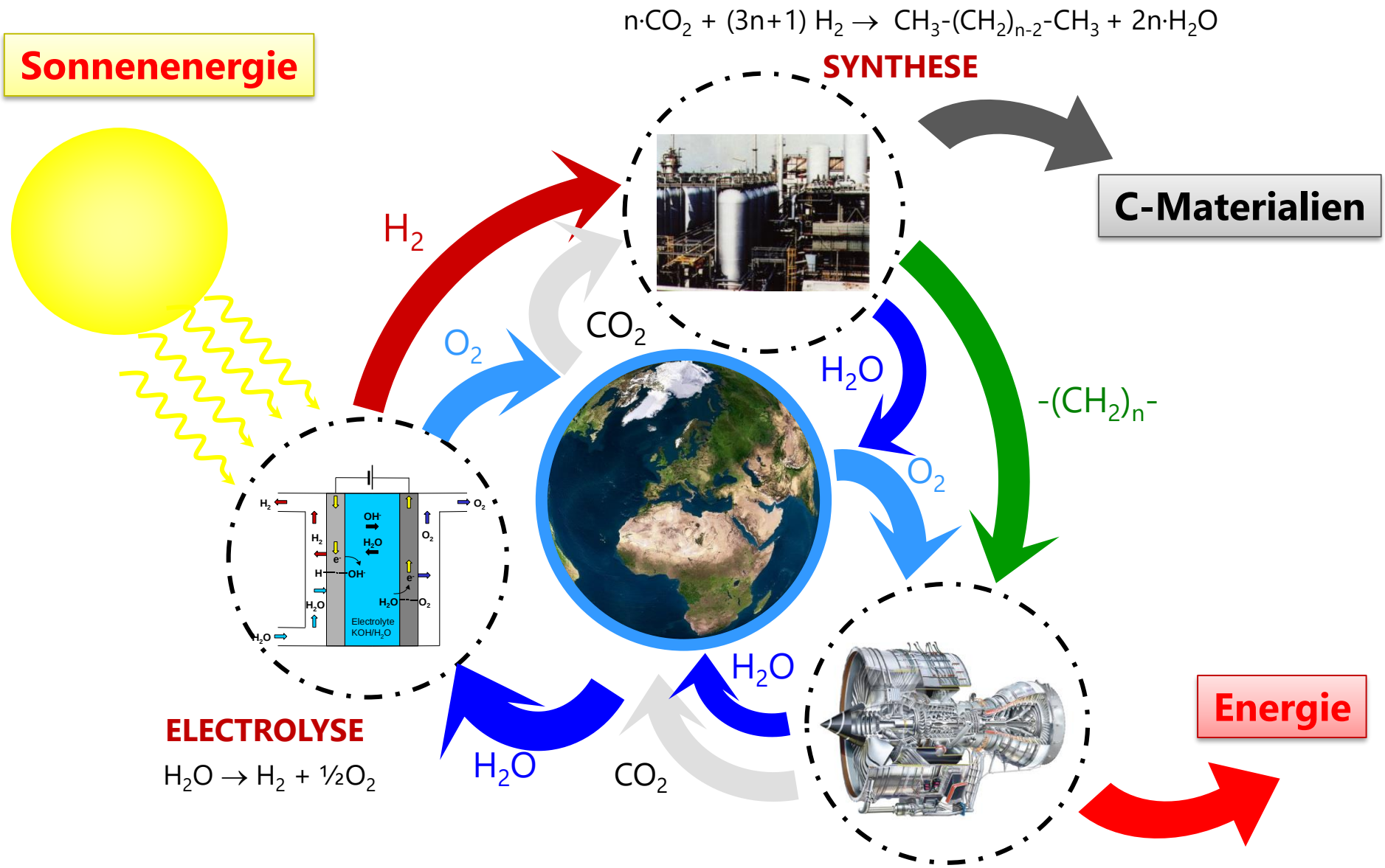
Es gibt einige Herausforderungen, für einen nachhaltigen Energieverbrauch

Empa
Materials Science and Technology

- Geschlossene Kreisläufe – wie schaffen wir es, möglichst alle Ressourcen im Energiekreislauf zu halten?
- Nachfrage Shift/Speicherung – kann man die Nachfrage nach Energie steuern und/oder kann man Energie zeitlich flexibel zur Verfügung stellen?
- Effizienz – wie können wir die Wirkungsgrade erneuerbarer Energietechnologien erhöhen?
- Ressourcenverbrauch – Wieviel CO_2 verursachen erneuerbare Energietechnologien?

Geschlossene Kreisläufe

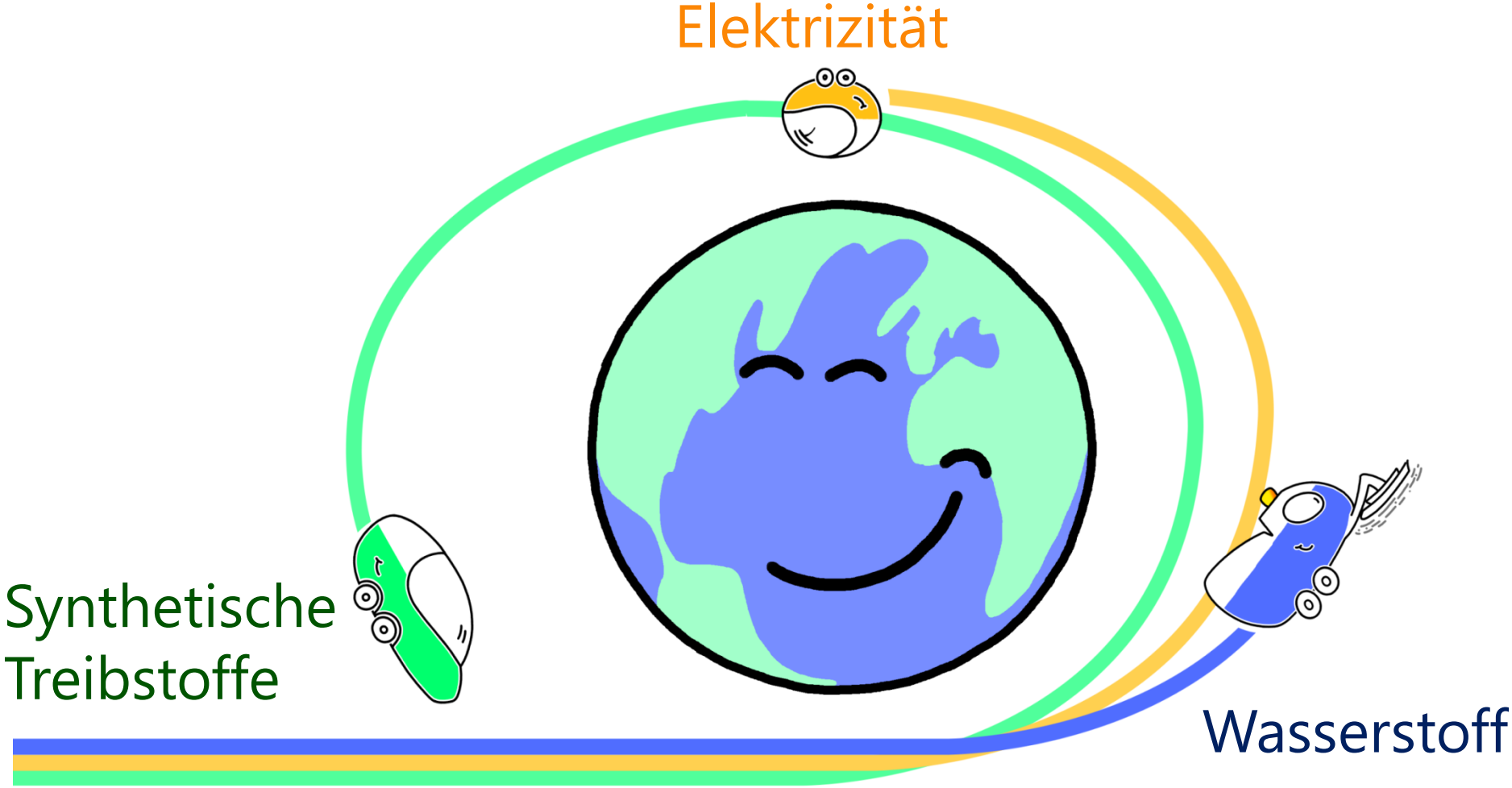
Empa
Materials Science and Technology



Geschlossener Kohlenstoffkreislauf

Geschlossene Kreisläufe in der Moblität

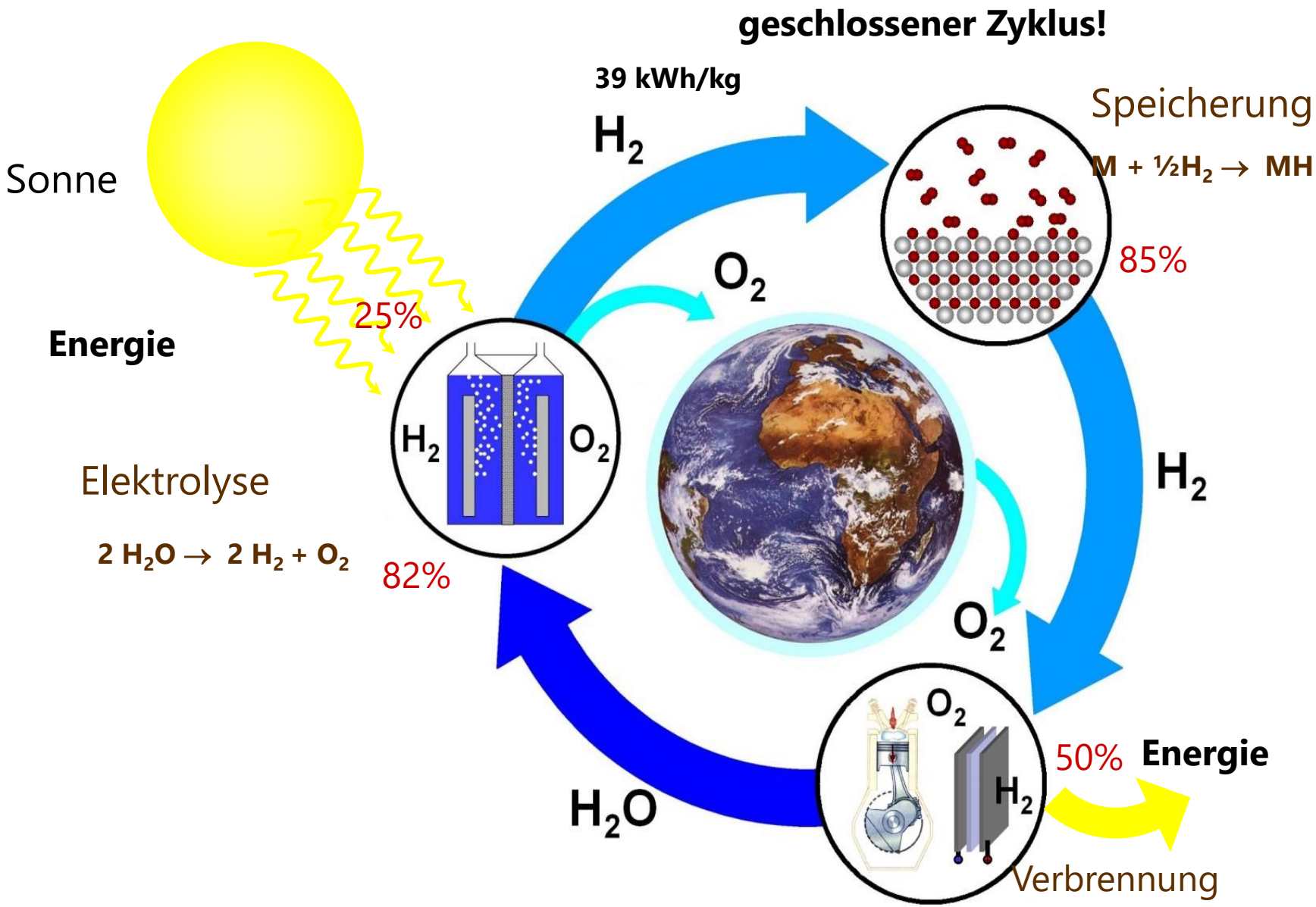
Empa
Materials Science and Technology



Die Treibstoffe der Zukunft stammen aus erneuerbaren Energiequellen

Wasserstoffzyklus theoretisch

Empa
Materials Science and Technology



...und in der Umsetzung

Wasserstofffahrzeuge wandeln den Wasserstoff in elektrische Energie und Wasserdampf um (Nutzung als CO_2-freie Transportleistung)

Laufwasserkraftwerk produziert erneuerbaren Strom

- **Coop Wasserstoff-Tankstelle** bietet ihren Kunden Wasserstoff an

Elektrolyseur von H_2 Energy AG produziert aus erneuerbarem Strom Wasserstoff

Wasserstofftrailer von H_2 Energy AG speichert und liefert Wasserstoff

Empa

Materials Science and Technology

H2energy

Future Mobility Demonstrator «move»

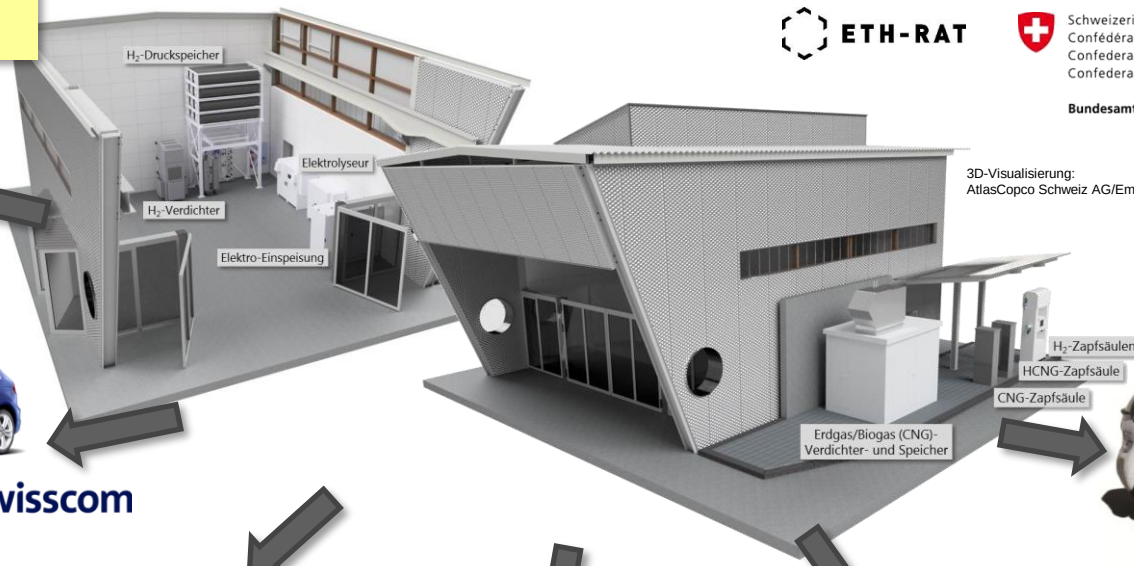
Empa
Materials Science and Technology

move | Empa

PtX-Studie Schweiz

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



3D-Visualisierung:
AtlasCopco Schweiz AG/Empa

ETH-RAT

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Glattwerk

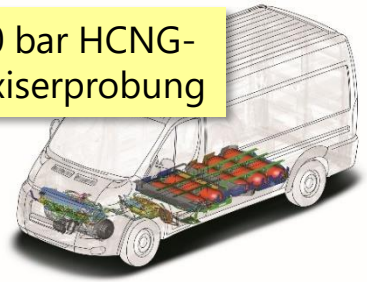
sccer mobility

Realverbrauch / Carsharing

ETH zürich swisscom

Batteriespeicher für EVs

350 bar HCNG-Praxiserprobung



IVECO erdgas biogas Swagelok

Endress+Hauser
Mobility Solutions
DIE POST apex

350 Bar H_2-Kehrfahrzeug

Atlas Copco Stadt Dübendorf

ccem.ch PAUL SCHERRER INSTITUT PSI BUCHER municipal

700 Bar H_2-Personenwagen

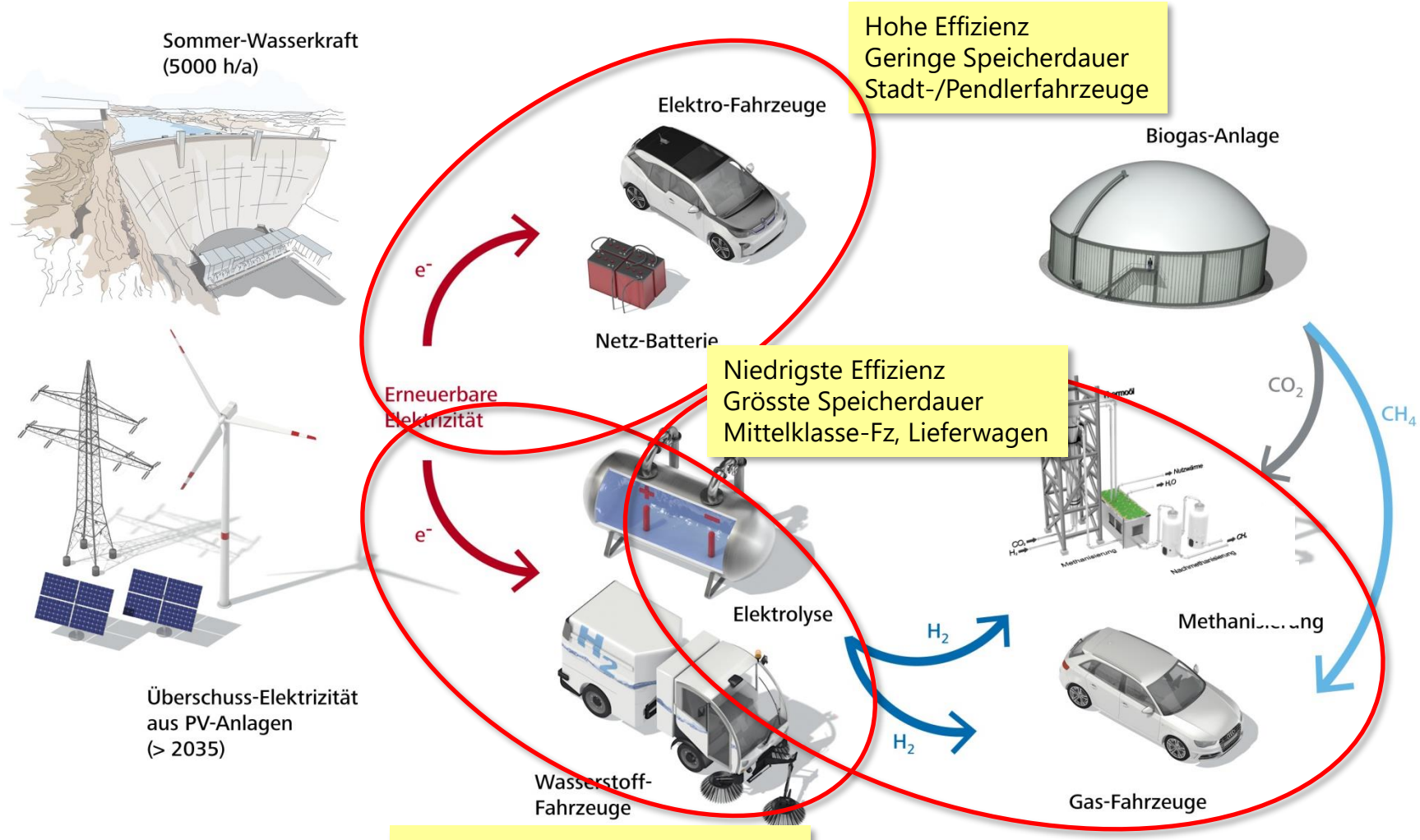
HYUNDAI H2energy STÄUBLI

suva METAS

Erneuerbare Energietechnologien

Empa
Materials Science and Technology

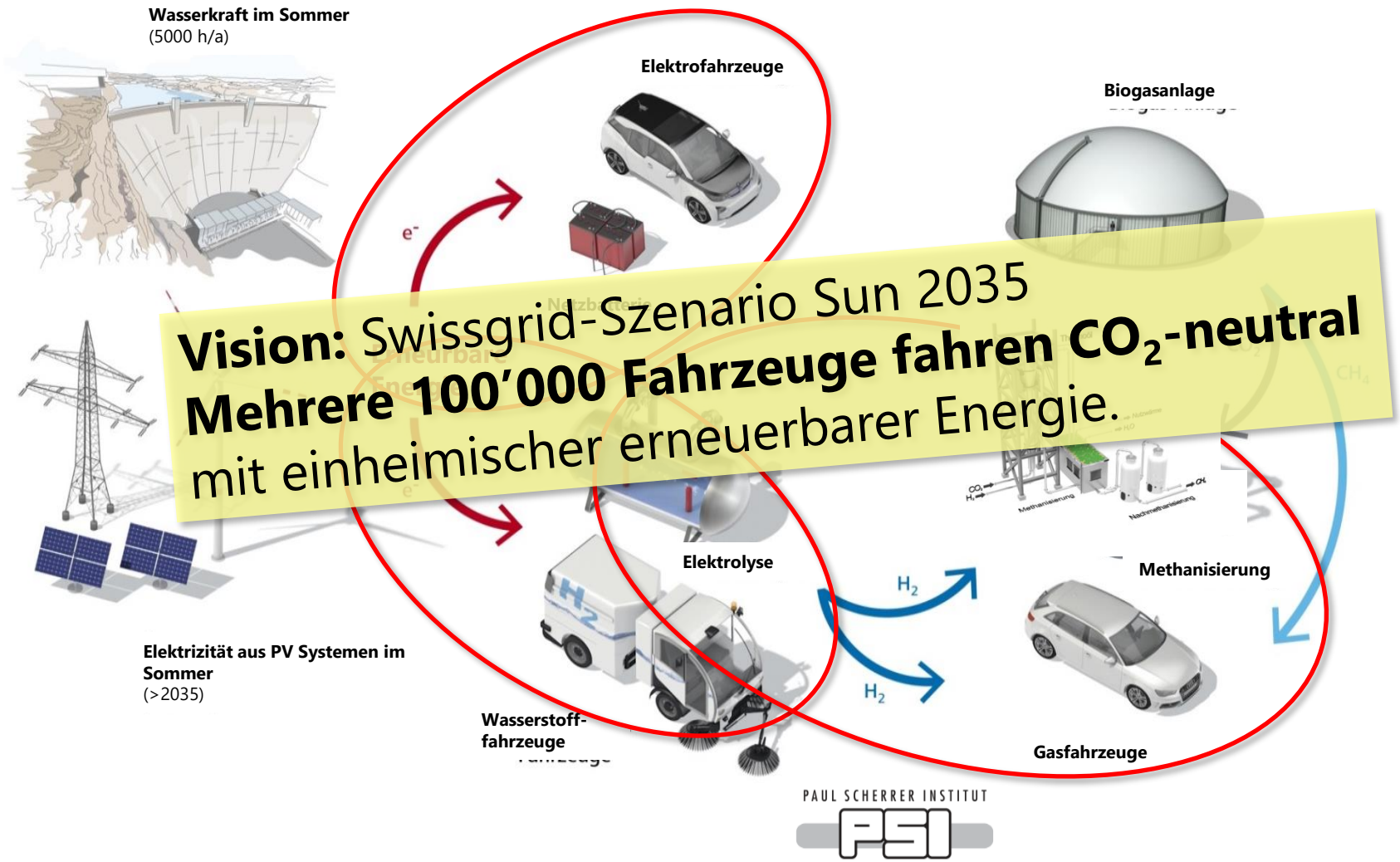
Energiesystem wird flexibler, in dem man Energie speichert, die nicht direkt in den Energiemarkt eingespiesen werden kann



PAUL SCHERRER INSTITUT
PSI

Ansatz: Elektrische und synthetische Treibstoffe

Empa
Materials Science and Technology



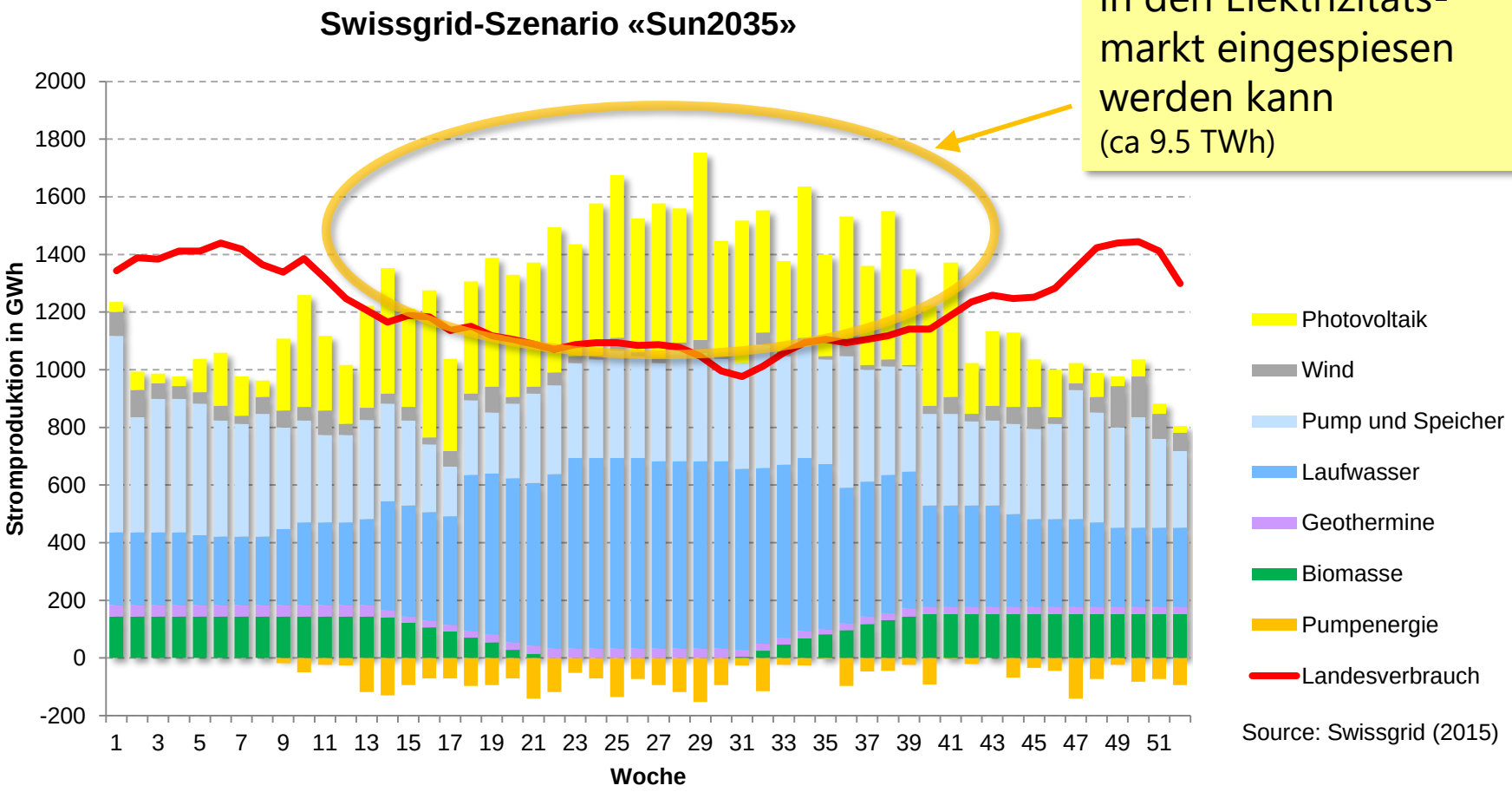
Vision: Swissgrid-Szenario Sun 2035
Mehrere 100'000 Fahrzeuge fahren CO_2-neutral
mit einheimischer erneuerbarer Energie.

Das Energiesystem ist flexibler und die CO_2 – Emissionen in der Mobilität nehmen ab

Erneuerbare Energietechnologien

Empa
Materials Science and Technology

Energie, die nicht direkt in den Elektrizitäts-markt eingespiesen werden kann
(ca 9.5 TWh)



Source: Swissgrid (2015)

Zunehmend mehr fluktuierende Energie im Sommer

Mögliche Lösung in der Mobilität: Wasserstoff

Empa
Materials Science and Technology

Prinzip:

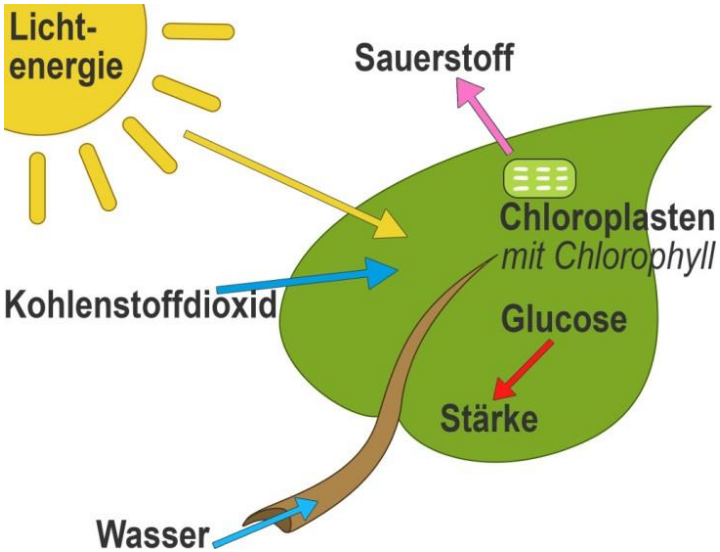
1. Wasser (H_2O) mit Strom in Wasserstoff und Sauerstoff spalten

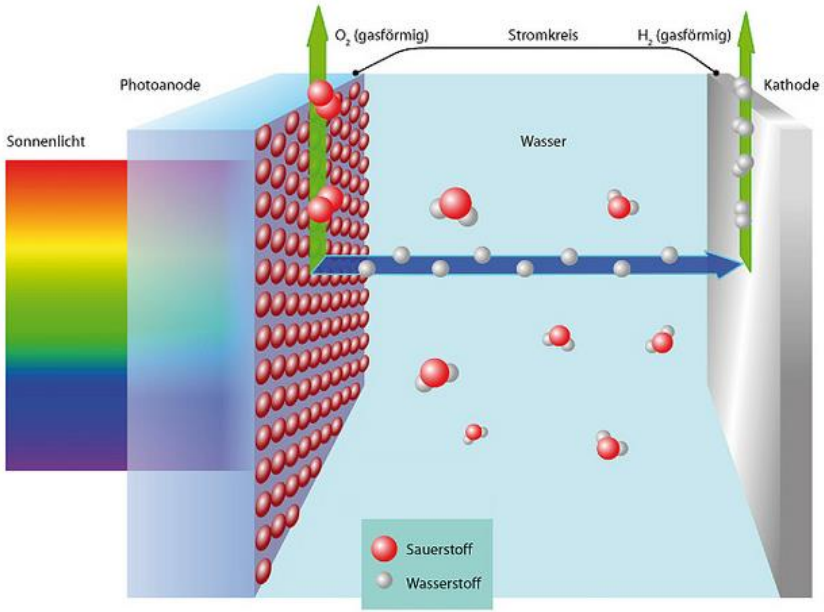
Fotokatalyse

Zurück zum Anfangsbeispiel: Wasserstoff gewinnen mittels Fotokatalyse

Empa
Materials Science and Technology

- Fotosynthese: Sonnenlicht wandelt Kohlendioxid und Wasser in Sauerstoff und Glukose um





www.sofatutor.com

- Elektrolyse: Wasser wird mit Strom aus Solarzellen in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten.
- Fotokatalyse: Wasser wird in rein chemischem Prozess mit Hilfe von Sonnenlicht in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Elektroden sind nicht nötig.

Gesellschaftliche Probleme und Forschung an der Empa

Empa
Materials Science and Technology

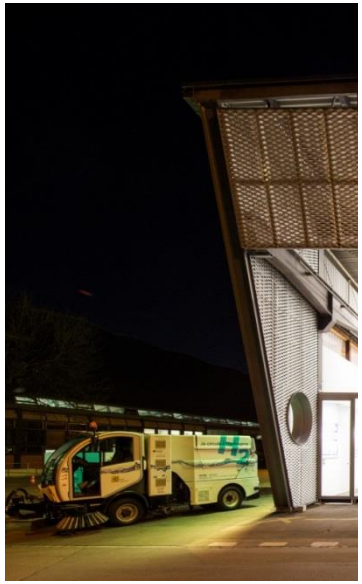
- Forschungsschwerpunkte «Energie» und «Natürliche Ressourcen und Schadstoffe» an der Empa

Wasserstoff-Kehrfahrzeug in Dübendorf

Gesellschaftliche Probleme und Forschung an der Empa

Empa
Materials Science and Technology

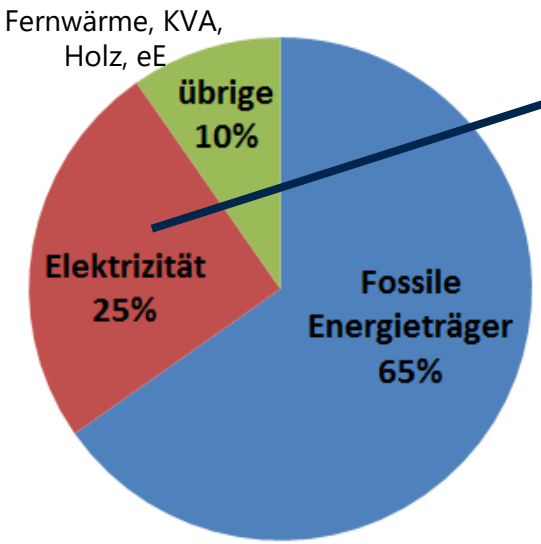
➡ Demonstratoren move, NEST und ehub



Situation Schweiz

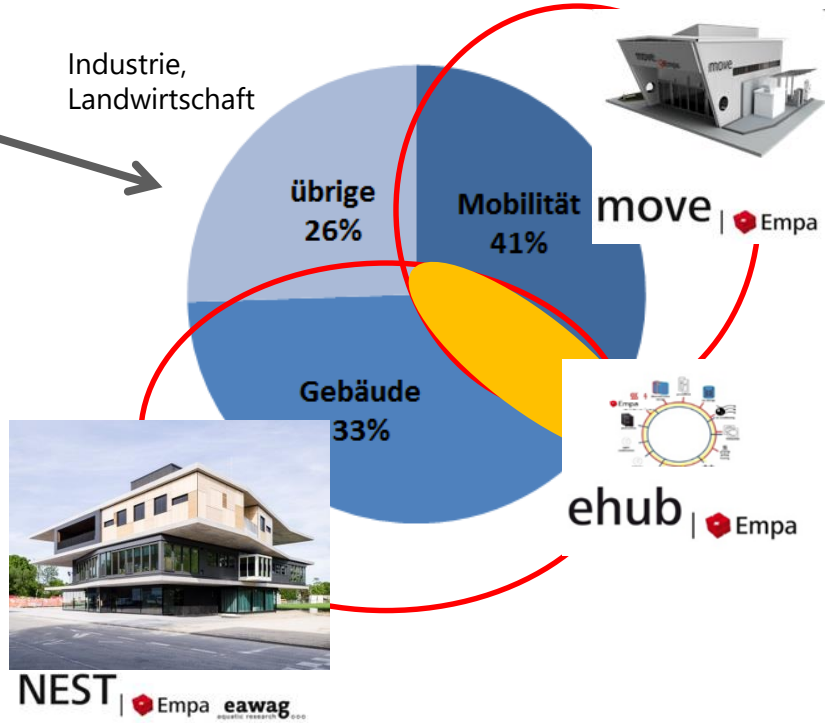
Empa
Materials Science and Technology

Energieverbrauch Schweiz nach Energieträgern



Kernkraft 37.9%	12..24 g CO_2 /kWh
Wasserkraft 56.5%	4..20 g CO_2 /kWh
Neue ern. Energien 3.8%	4..100 g CO_2 /kWh
Konv. Therm. KW 1.9%	400..1200 g CO_2 /kWh

Fossile Energieträger nach Endverbrauch



Mobilität und Gebäude sind die «Driver»

Quelle: BfE, Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2014 nach Verwendungszwecken

Empa weckt die Neugier

Empa
Materials Science and Technology

Führungen durch die Empa-Labors

Einmal einen Blick hinter die Kulissen der Empa werfen und mehr über Materialforschung und Technologie erfahren? An Führungen in Dübendorf und in St. Gallen stellen wir Ihnen die Empa näher vor und präsentieren aktuelle Projekte aus unseren verschiedenen Forschungsbereichen. Um dabei besser auf Ihre Bedürfnisse eingehen zu können, bieten wir verschiedene Führungen an, einerseits für Fachleute, andererseits für die interessierte Öffentlichkeit.

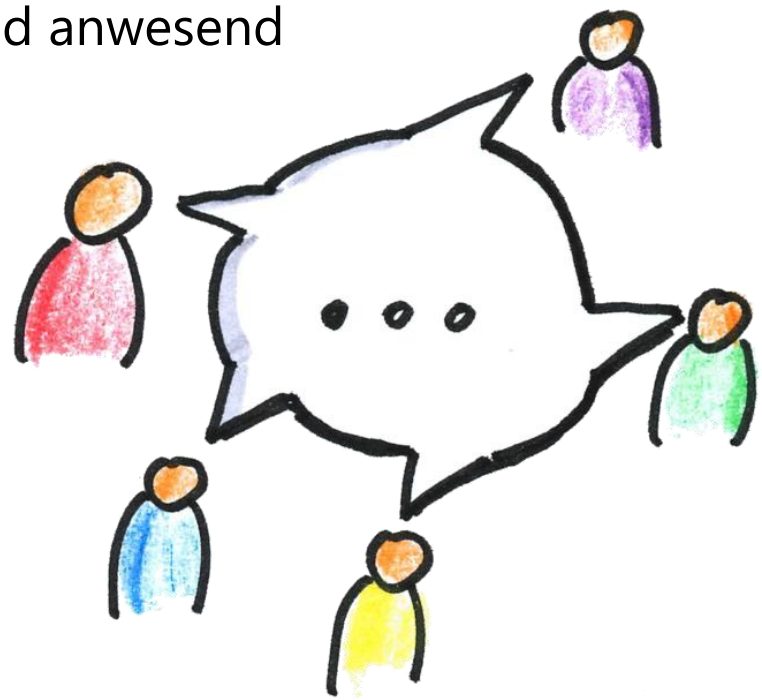
https://www.empa.ch/de/web/s604/fuehrungen

https://www.empa.ch/web/nest/tours

Wo kann ich sonst noch Informationen holen?

Hier und heute:

- In den Atelierrunden haben Sie viele neue Bücher und Ideen kennengelernt.
- Viele Kolleginnen und Kollegen, die auch MINT Fächer unterrichten sind anwesend



www.commons.wikimedia.org

Wo kann ich sonst noch Informationen holen?

Empa
Materials Science and Technology

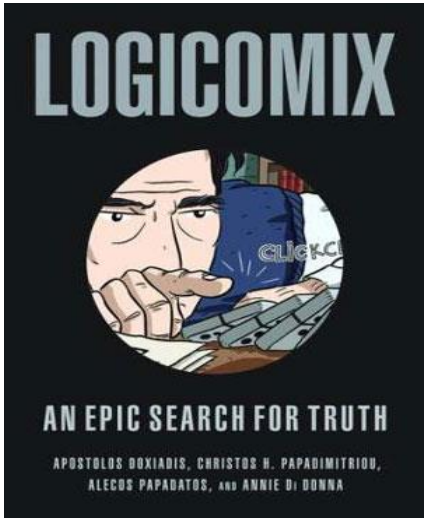
Im Alltag

- Kollegen und Kolleginnen auch im privaten Umfeld, die ein Flair für Naturwissenschaft und Technik haben
- Filme und Artikel im Internet
  - Minute Physics (Grundlegende Konzepte der Physik)
  - Vi Hart (Verbindung von Musik und Mathematik)
  - Spektrum der Wissenschaft (Dokumentarfilme zu wissenschaftlichen Fragen)
- Offizielle Stellen, Unis und Hochschulen, die sich für MINT Bildung einsetzen
  - Förderprogramm der ETHZ: http://www.educ.ethz.ch/lernzentren/mint-lernzentrum.html
  - von Swissmem unterstützt: explore-it.org, tunSchweiz.ch, tüfteln.ch, educaMINT.ch

Es soll auch Spass machen

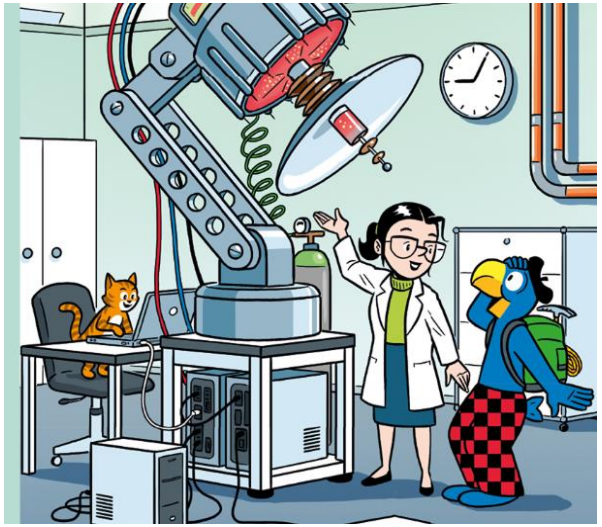
Empa
Materials Science and Technology

Technorama Winterthur



Geschichte der Mathematik als Graphic Novel

Axporama



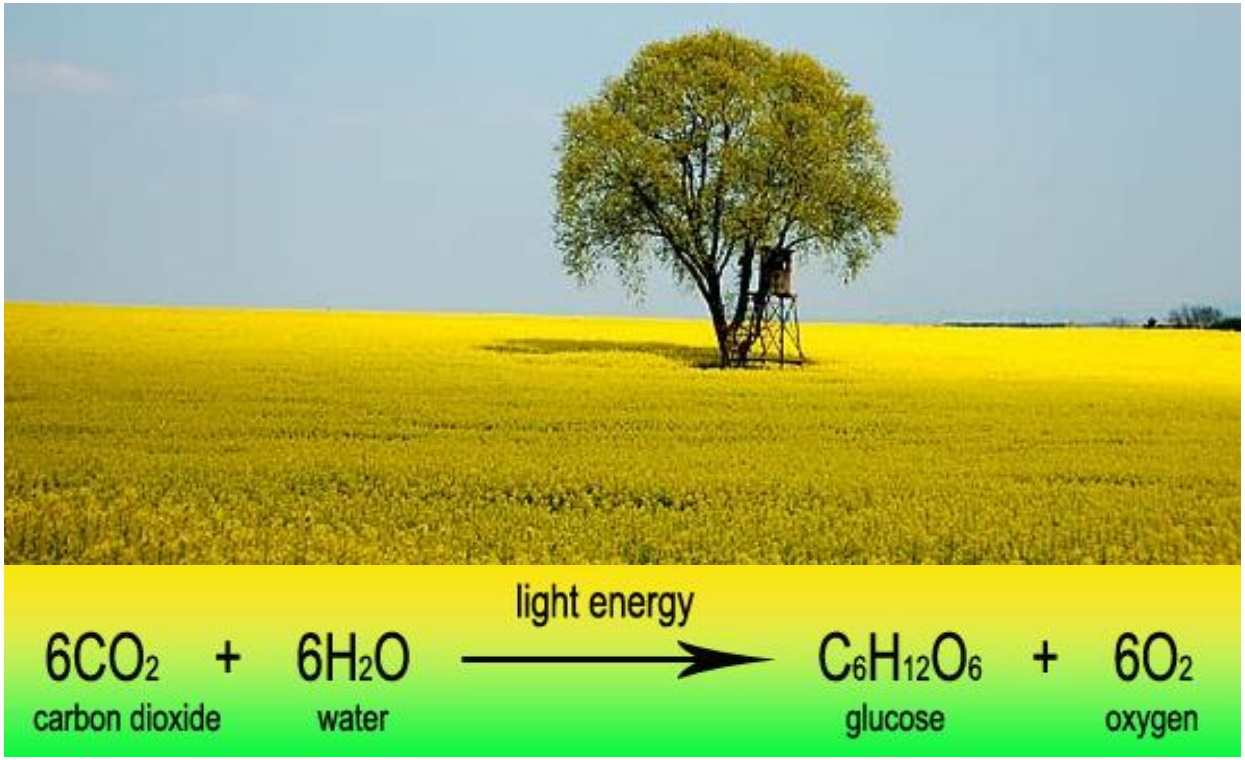
Globi und die verrückte Maschine

Es ist unmöglich, alles zu wissen

Empa
Materials Science and Technology

… und die Welt wird komplexer

…. aber war sie das nicht schon immer?



Nicht aufgeben!

Empa
Materials Science and Technology

- Mehrere Quellen kontaktieren
- Quervergleiche durchführen, neue Ansätze überprüfen
- Texte, Filme etc. mehrmals lesen und anschauen
- …