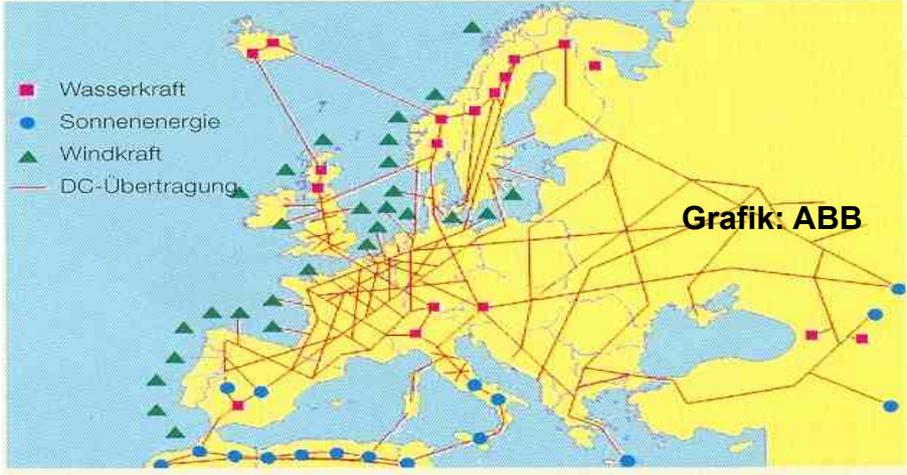


Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Die Zukunft ist elektrisch und erneuerbar!

Urs Muntwyler (Prof. PV BFH-TI/ Chair IEA IA HEV)

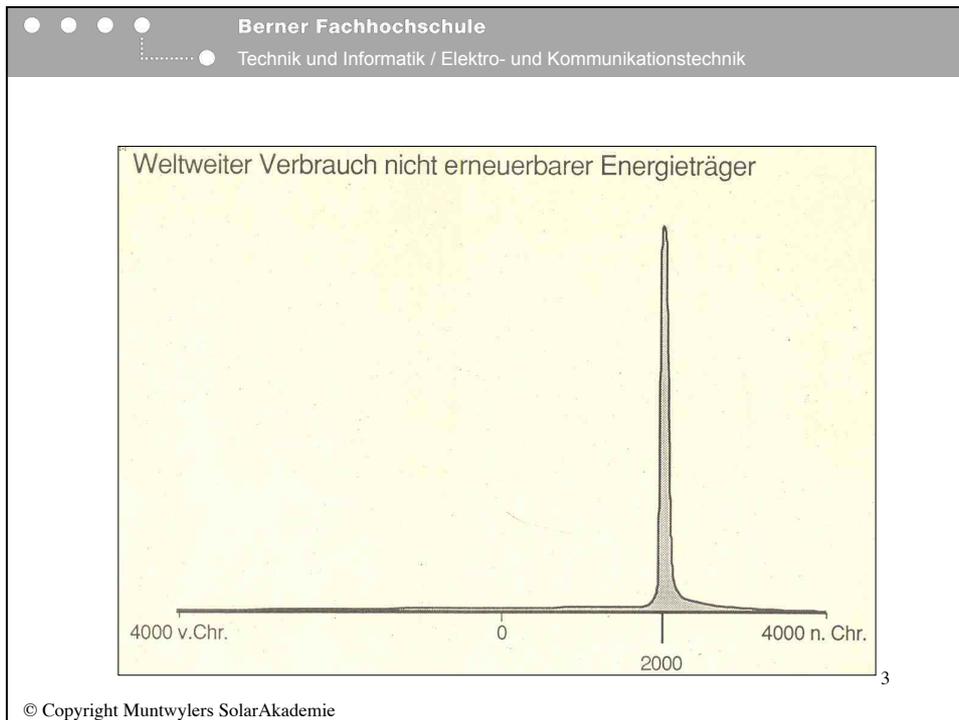


100% Strom-Produktion mit Wasser-/ Wind- und Solarenergie

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Inhalt der Präsentation

- Die Herausforderungen
- Effiziente Energienutzung als Basis
- Energiepotential der Sonne kennenlernen
- Flächeneffizienz der erneuerbaren Energien
- Energiestrategie „Bund 2050“
- Aufwuchsszenarien im politischen Gezerre
- Photovoltaik als wichtigste neue Energiequelle
- Wirtschaftspotential EE im Kanton Bern
- Das tut die Berner Fachhochschule – PV-Labor!



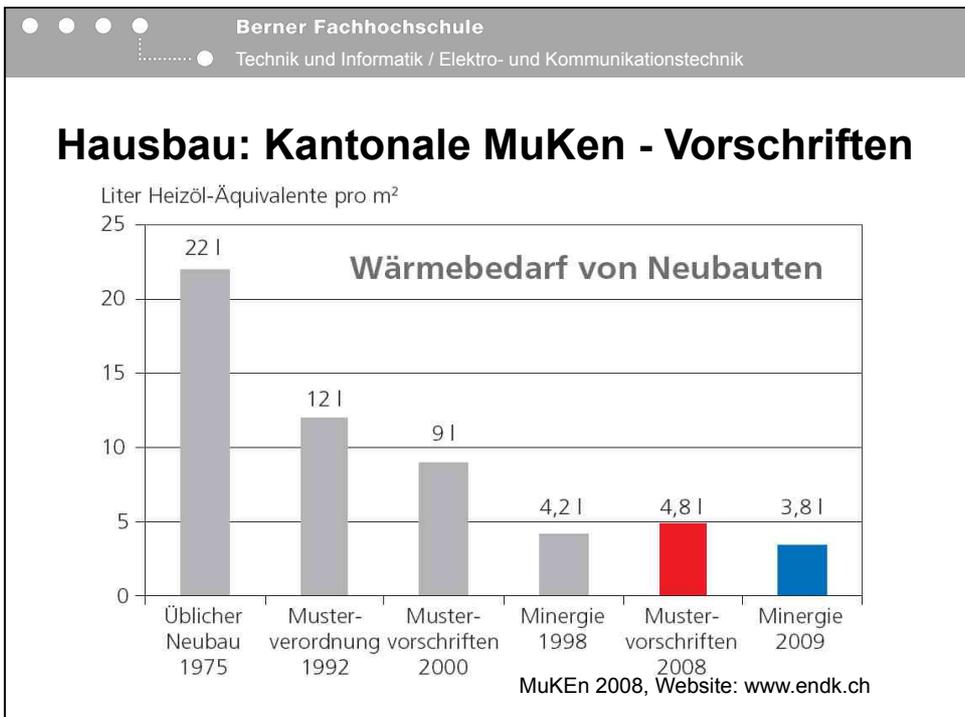
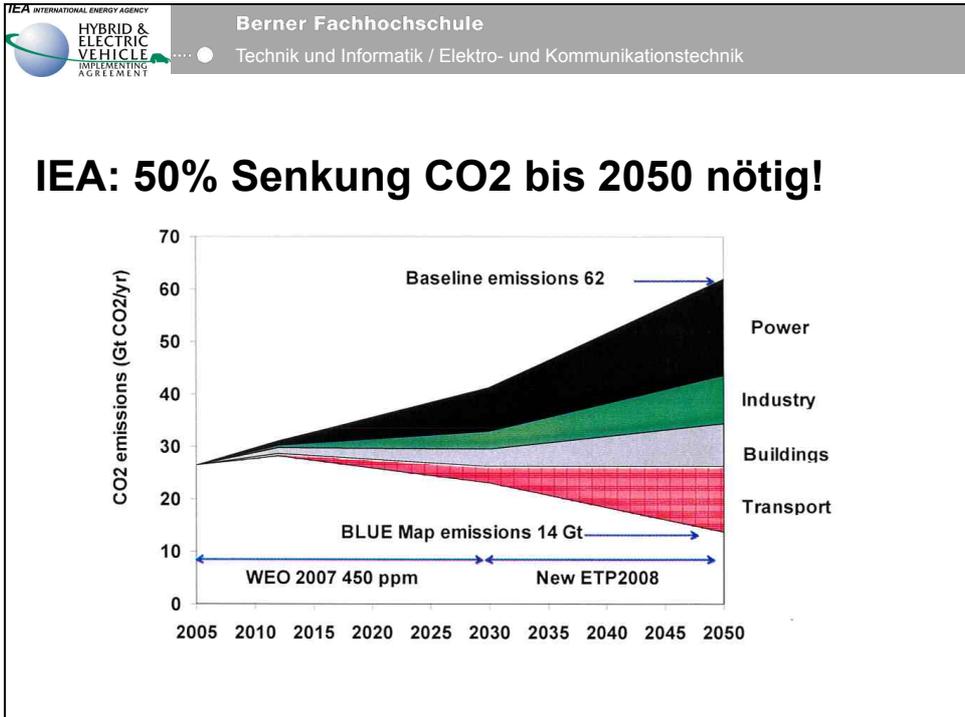
IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
HYBRID & ELECTRIC VEHICLE IMPLEMENTING AGREEMENT

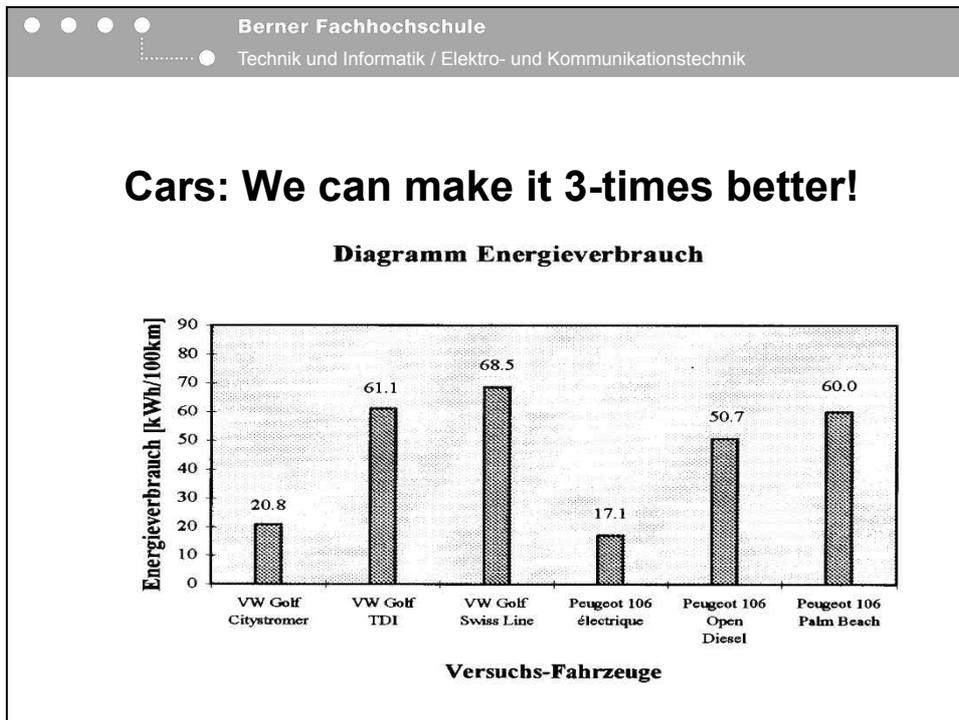
Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Fahrzeugbestand weltweit ...

Zahlen 1998	Bevölkerung [mio]	Privatautos [mio]	Autos/ 1000 Personen
IEA Länder	852	516,4	606
„Tiger“-Staaten	1'767	159	90
Entwickl.-Länder	3'235	31,6	10

Bestand Privatautos 1998: ca. 700 Mio./ 2008: ca. 800 Mio.
300 Fahrzeuge/1'000 Einwohner → ca. 2 Mia. Autos (x 3) → 3 I-Auto!





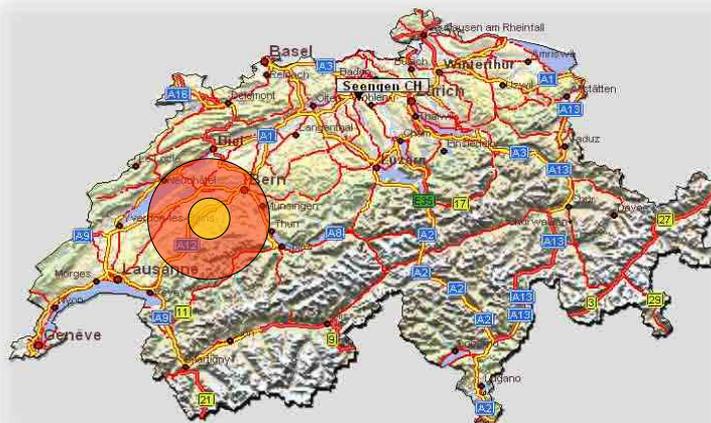
Unbekannte Potentiale Stromproduktion



Infoblatt 2011
einer Berner
Partei) :
Platzbedarf Er-
satz Mühleberg
mit Solarstrom
(ca. 3 TWh): es
**braucht 30'000
km² und die
Sonne muss Tag
und Nacht
scheinen**

Die Menschen haben kein „Gespür“ für Solarenergie...

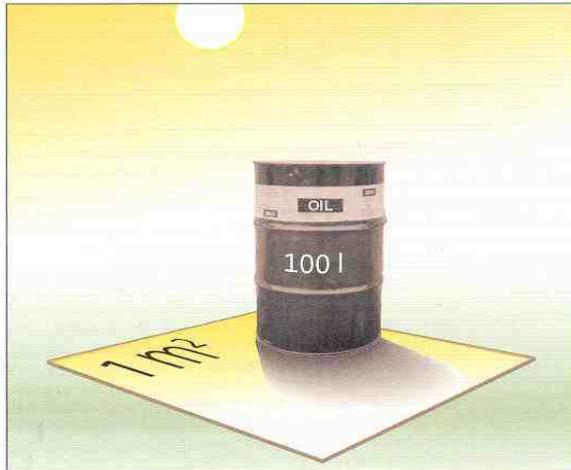
Student der BFH-TI rechnet nach.....



Gelbe Fläche: 100% Solarstrom in der Schweiz (60 TWh)



Die „Ölflut“ auf dem Hausdach



SONNENEINSTRALUNG IN BERLIN

Die Sonne strahlt im Durchschnitt in Berlin auf jeden m^2 ca. 1050 kWh (Kilowattstunden) pro Jahr. Dies ist in etwa der Jahresverbrauch einer Person an Strom. Ein Liter Öl enthält ca. 10 kWh. Die Sonnenenergie die jährlich auf jeden m^2 fällt, entspricht somit einer Energiemenge von ca. 100 l Öl.

... wir haben genügend Energie – sind aber zu faul um sie einzusammeln ...
(Paul Dominik Hasler – Philosoph aus Burgdorf) ...



Tour de Sol 85: Werbetour für die Sonnenenergie



Weltweit erstes Solarmobilrennen von Romanshorn nach Genf 1985

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Tour de Sol: Berner als Pioniere...

- Vom Solarmobil zu den gebäudeintegrierten Solarstrom-Anlagen

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Überlegene Kombination: PV + E-Mobile/PHEV!

Reichweite mit dem Ertrag von einem Hektar Energiepflanzen / PV-Freiflächenanlage

Energiequelle	Reichweite (km)
Biodiesel ¹	21.500
Bioethanol (aus Weizen) ²	22.500
Biomass to Liquid ³	60.000
Biogas (aus Silomais) ²	67.000
Strom (Plug-in-Hybridantrieb) ¹	3.250.000

1 Hektar entspricht 100 x 100 m / 10.000 m²
Ein durchschnittliches Fußballfeld entspricht 0,75 Hektar

¹ Durchschnittsverbrauch: 16 kWh/100 km
² Durchschnittsverbrauch: 7,4 l/100 km Kraftstoffequivalent
³ Durchschnittsverbrauch: 6,5 l/100 km Kraftstoffequivalent

source: PHOTON

Range achieved by the energy produced on 1 ha land (the bar of the plug-in-hybrid vehicle is 7 times longer than shown here)
→ The PHEV (consumption 16 kWh/100 km) using solar energy produced by a PV installation on 1 ha drives 150 times further than a car (consumption 6,5 l/ 100 km fuel equivalent) using bioethanol extracted from grain produced on 1 ha.

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Die Familie der erneuerbaren Energien:

Quelle: www.lehrbuch-photovoltaik.de

Breite Palette zur Nutzung erneuerbarer Energien

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

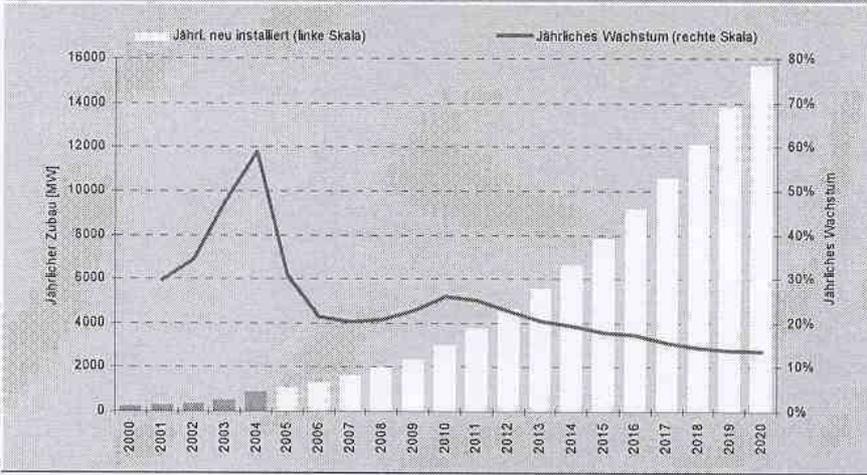
Wie gross sind die Energie-Potentiale:

Wie können wir auf den knappen Bodenflächen möglichst viel Energie ernten [MWh/km²)?

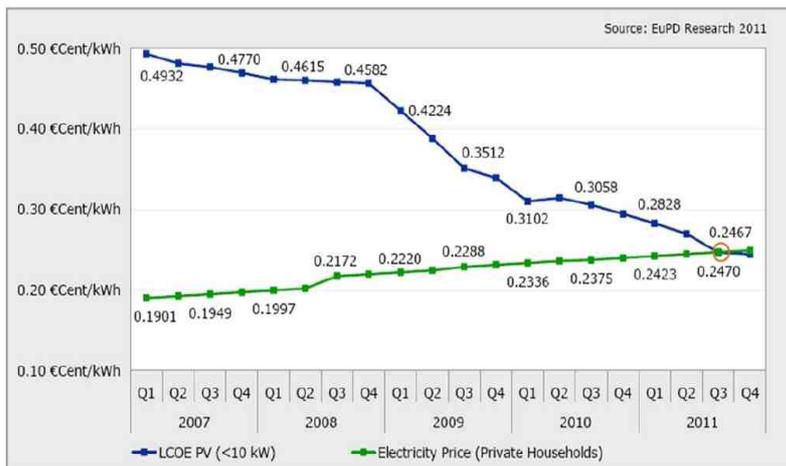
Energy Source	Energy Potential [MWh/km ²)
Leindotter Mischfrucht	115
Raps	1100
Miscanthus	8000
Wind	24000
PV	50000

PV: starkes Wachstum über Jahrzehnte...

Abb. 14: Sarasin-Langfristprognose für den weltweiten PV-Markt



Solarstrom wird günstiger als Haushaltsstrom



Quelle: EUPD Research 2011

... was kostet das beim Solarstrom?

- Die Schweiz bezahlte 2010 9'960 Mio sFr. für Strom.
- Die Produktion von 15% Solarstrom von 81 TWh (heute 66 TWh) braucht ca. 12 GWp PV-Anlagen!
- Beim Bau grösserer PV-Anlagen von 50 kWp kostet das ca. sFr. 2.--/ Wp. Das benötigt dann noch 24 Milliarden sFr. → bei Abschreibungen in 25 Jahren und 3% Zinssatz macht das 1,378 Mia sFr./a.
- Das ist bereits 24% günstiger als heute – nur muss das EW auch noch was verdienen!

Energiewende: ... das Menü ist „Photovoltaik“ der Rest ist Beilage!

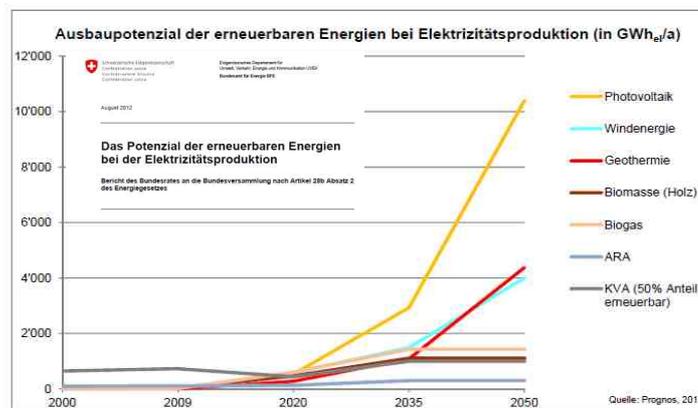
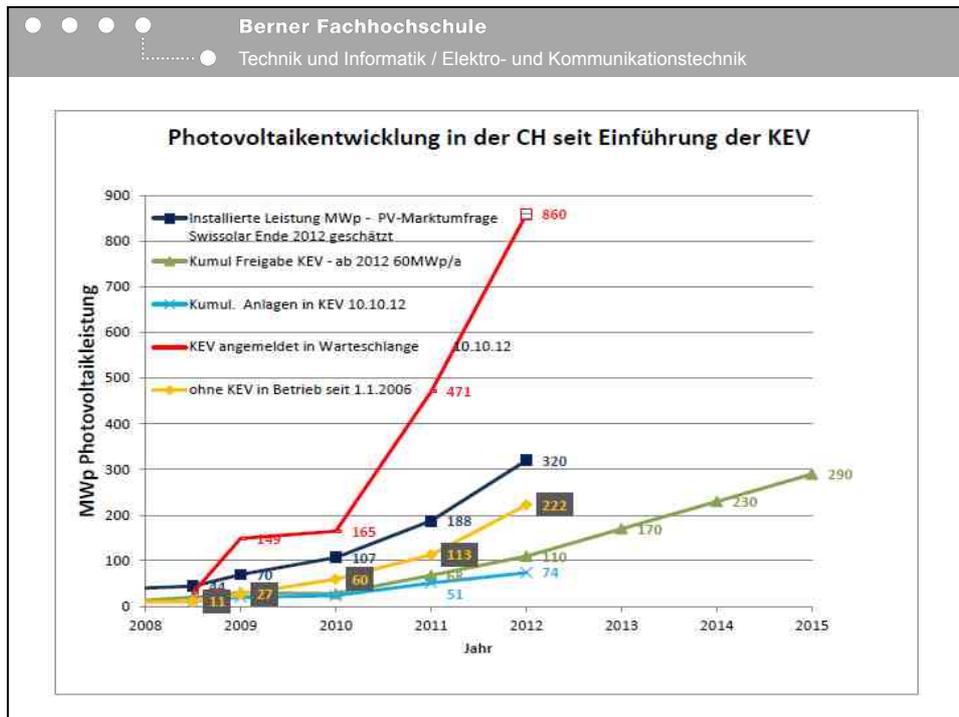


Abb. 3: Ausbaupotenzial der erneuerbaren Elektrizitätsproduktion nach Technologie⁹

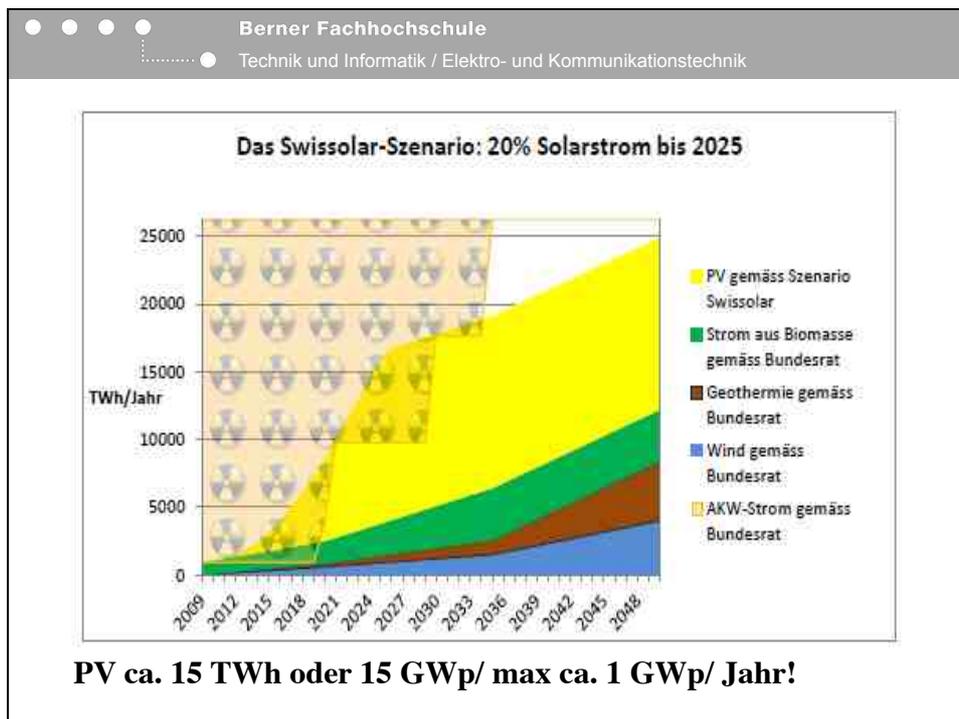


- Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik
- In der Energiewende ist die Photovoltaik die wichtigste neue Stromquelle
 - Trotzdem will sie das Bundesamt für Energie BFE massiv zurückfahren bis 2020 – **die Branche wird „gegründet“!**
 - Der Grund: Photovoltaik sei zu teuer! – Unsere Abklärungen ergaben: das Bundesamt für Energie geht von viel zu hohen Preisen aus – Solarstrom 50Rp./kWh und Preise von 4-8sFr./Wp – **richtig wäre maximal die Hälfte!!**

 Berner Fachhochschule Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik											
Auswirkungen des Groundings der Schweizer PV-Branche											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Neu Markt MWp	30	110	180	300	450	600	700	800	875	950	1000
Verkaufspreis: Fr./ Wp	6	5	3-4	2,5-3,5	2-3,35	2-3	2-2,75	2-2,5	2-2,25	2-2,125	2
Umsatz	180	550	720	1'050	1'500	1800	1'925	2'000	2'000	2'000	2'000
Arbeitsplätze	900	2'700	3'600	5'000	7'500	9'000	9'500	10'000	10'000	10'000	10'000
Total install. MWp	110	220	400	700	1150	1750	2450	3250	4125	5'075	6'075
Energie/ Jahr											6 TWh
Bund MWp				50	50	50	50	50	50	50	50
Verkaufspreis: Fr./ Wp				4	4	4	4	4	4	4	4
Umsatz				200	200	200	200	200	200	200	200
Arbeitsplätze	900	2'700	3'600	-4'000	-6'500	-8'000	-8'500	-9'000	-9'000	-9'000	-9'000
Total installierte MWp	110	210	400								800
Energie/ Jahr											0,8TWh

Annahmen und Berechnungen aufgrund von Kontakten mit der CH-PV-Branche und eigener Erfahrungen! Die durchschnittlichen Anlagenpreise sind eher hoch angesetzt (Indach-Anlagen/ viele Einfamilienhäuser). Grössere Anlagen erreichen bereits 2012 die sFr. 2.-/ Wp!
 In den Energiestrategien wird von einem Solarstrompreis von 0,5 sFr./ kWh ausgegangen. Heute sind aber 0,2 – 0,3 sFr./ kWh gut möglich!
 Die Arbeitsplätze sind eher zu tief angenommen. In der Praxis werden oft noch weitere Arbeiten vorgenommen, wie Dach-Sanierungen, energetische Sanierungen etc. Das gibt zusätzlich Arbeit!

- |  Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Die Auswirkungen im Einzelnen: | | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Der Energieertrag nach Bund ist 10% des Potentials im 2020. • Die installierte mögliche Menge entspricht etwa der in Süddeutschland 2010-2012 pro Kopf installierten Menge. • Es gehen bis zu 4'500 bis 9'000 Arbeitsplätze verloren. • Es gibt keine „Economy of Scale“ in der CH-PV-Branche! • Werden die zusätzlich produzierten knapp 6 TWh für den Betrieb von Elektroautos und Wärmepumpen gebraucht, so vermeidet die Schweiz den Import von Benzin und Heizöl (Annahme: 100Fr./100 kg Heizöl) im Wert von 1,65 Mia sFr. Dies 25 Jahre lang, also 41 Mia. sFr.! • Die Schweizer Solarbranche könnte 2025 mehr als 10 TWh/ Jahr PV-Energie produzieren (ca. 15% des Stromes). • Die Schweiz verliert 10 Jahre in der Realisation der „Energiewende“. Die Lücke müssen Gaskraftwerke, Stromimporte oder verlängerte Betriebszeiten der AKWs füllen. | | | | | | | | | | | |



Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Das Potential der Photovoltaik in der Schweiz nach Erfahrungszahlen „D“:

- „CH-Boom“ 2009-12: 25-150 MWp/
D: 4'000-7'600 MWp!!
- Ohne „Kontingent“ CH: >800MWp/ Jahr
→ das ergibt alle 4 Jahre mehr Solarstrom als die Stromproduktion des AKW Mühleberg...
- in 15-20 Jahren erreicht die PV die gesamten Ziele alleine!

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Erneuerbare Energien: Bern - ist führend!

Die erneuerbaren Energien haben für den Kanton Bern die Bedeutung der Uhrenindustrie!
Bern ist überproportional stark und die Photovoltaik ist die wichtigste Technologie!

Bruttowertschöpfung EE-Branche
Anteil am kantonalen BIP = 1.3 %

Energy Source	Percentage
Photovoltaik	42%
Wasserkraft	21%
Holzfeuerungen (> 50 kW)	11%
Holzheizungen (<= 50 kW)	9%
Abfallverbrennung	7%
Wärmepumpen	4%
Biogasanlagen	3%
Windkraft	2%
Solarthermie	1%

819 Mio. CHF

Beschäftigung EE-Branche
Anteil an Gesamtbeschäftigung des Kt. BE = 0.9 %

Energy Source	Percentage
Photovoltaik	31%
Wasserkraft	18%
Holzfeuerungen (> 50 kW)	19%
Holzheizungen (<= 50 kW)	11%
Abfallverbrennung	5%
Wärmepumpen	4%
Biogasanlagen	3%
Windkraft	1%
Solarthermie	1%

4'020 VZA

Quelle: Berechnung Rütler+Partner

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

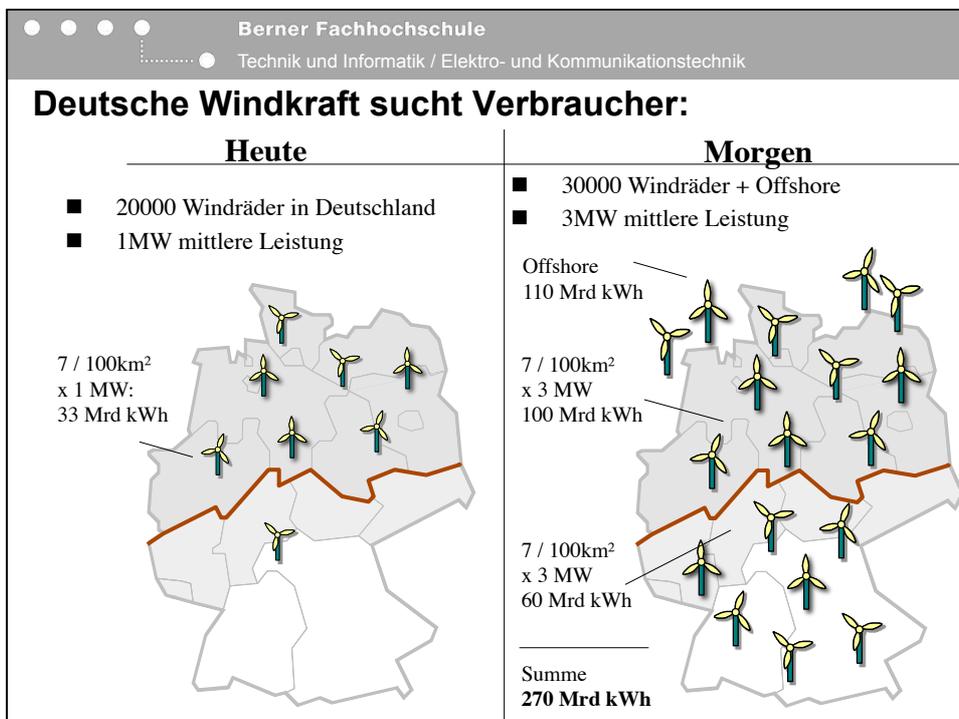
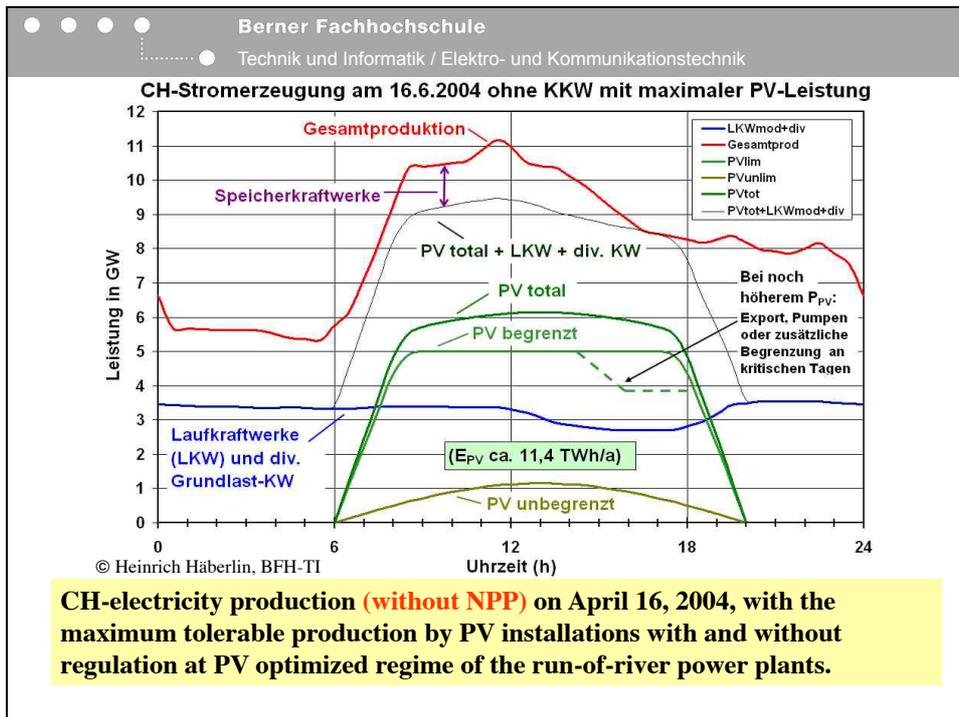
Initiative „Bern erneuerbar“ 3.März 2013

Ausstieg des Kantons Bern aus fossilen und atomaren Energien:

- Stromversorgung 2035 Erneuerbar
- Wärmeversorgung 2050 Erneuerbar

Initiative:
Ausstieg mit Etappierung.

Gegenvorschlag „Grosser Rat“:
Ziele wie Initiative, ohne Etappierung.



Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Aktivitäten Institut für Energie und Mobilitäts Forschung (IEM-BFH TI)

<p>Neue erneuerbaren Energien</p>	<p>Nachhaltige Mobilität (Land/ Luft/Wasser)</p>	<p>Nachhaltige Technologien für Entwicklungs- länder</p>
		

31

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Forschung muss gemacht werden:

- 3 Professoren und Dozenten
- 3 Wissenschaftliche+1 technischer Mitarbeiter
- 3 AssistentInnen
- motivierende Führung der BFH-TI
- moderne gut gewartete Infrastruktur im Tiergarten
- umfangreiche Laborinfrastruktur (www.pvtest.ch)
- Langzeitmessung an über 70 PV-Anlagen
- MSE- und BSc-Studenten
- Auftraggeber aus Privatwirtschaft und Verwaltung
- Campus in Biel ab 2020!

→Grundlagen- versus angewandte Forschung!

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Wissens- und Technologietransfer

Spin off's

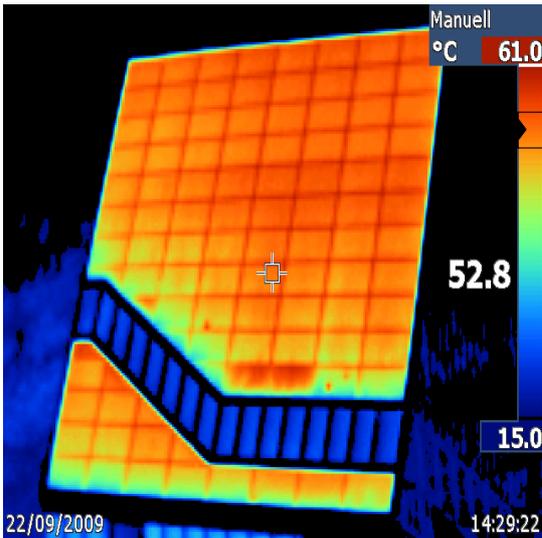
- BonusData**™
- HASTEMA GmbH**
- drivetek ag**
- reseqLIFE** chem SCIENCE
- AR@ptix** Switzerland
- wood unlimited**
- DTG**
- pinPlus**
- epsiTus** Scientific Software
- SolarMax**
- axsionics** secure e-access solutions

- Dienstleistungsangebot (ca. 1000/Jahr)
- aF+E Projekte
 - Direkte Industrieprojekte
 - KTI geförderte Projekte
 - Programmforschung
- Bachelor- (Diplom) & Masterarbeiten (mehr als 300 Abschlüsse/Jahr)
- Spin-off Förderung (>100 zusätzliche Arbeitsplätze in den letzten Jahren)
- **Praktikumsarbeitsplätze**
- Vortrags- und Publikationstätigkeit/ Patente
- Veranstaltungen
- Einsitz in Kompetenznetzwerken/Berufsorganisationen

Berner Fachhochschule
Technik und Informatik / Elektro- und Kommunikationstechnik

Forschungsprojekt: „Gebäudehüllen“

Interdepartementales Forschungsprojekt „Gebäudehüllen“ der Architekturabteilung und dem PV-Labor der Berner Fachhochschule:
Wie muss der Architekt grosse Gebäudehüllen planen um optimal Solarstrom zu produzieren?



Manuell °C 61.0

52.8

15.0

22/09/2009 14:29:22



... falsch geplante Dächer in Bern 2011-13



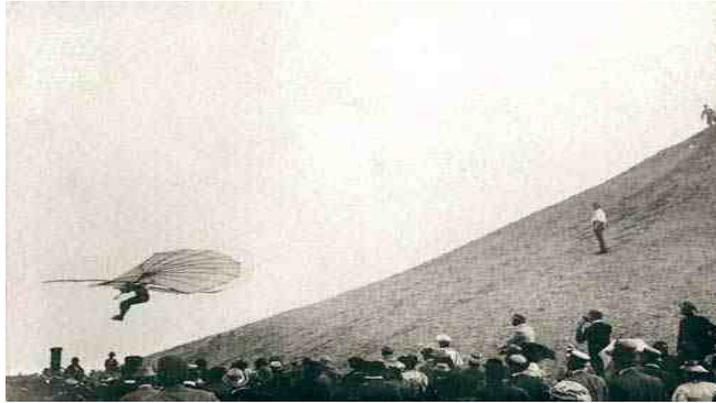
...die Architekten liessen sich von Villen um 1900 inspirieren...



Aktuelles Segelflugzeug...



Ein Segelflugzeug „inspiriert von 1895“:



Flugpionier Otto Lilienthal 1895...

Hochleistungssegler Antares E20



Antriebs-Elektronik etc.: BFH-TI Prof. Dr. Andrea Vezzini

Sanierung mit Energie-Plusproduktion



Solarpreisgewinner 2009 in Thalwil (ZH) © Copyright Muntwylers SolarAkademie

StudentInnen-Arbeiten in Burgdorf 2012:

- Ertrag von Ost-West-PV-Anlagen
- PV-Anlagen Studer AG Steffisburg
- Planung CO2-freie Tropeninsel
- Hochhaus „Leimbachstrasse“
- PV-Anlagen Loosli+Co. AG
- PV-Anlagen „Siedlung Küsnacht“
- Planung PV-Anlage „Stadion Biel“
- Projekt LEBE „Hofwil/ Seedorf/ Bümpliz“
- Studie EFH mit PV: Steuerung (smart grid) Verbraucher
- Kombination „PV/ Batterie-Speicherung“
- Etc.



Projekt LEBE:
Schulhaus Hofwil

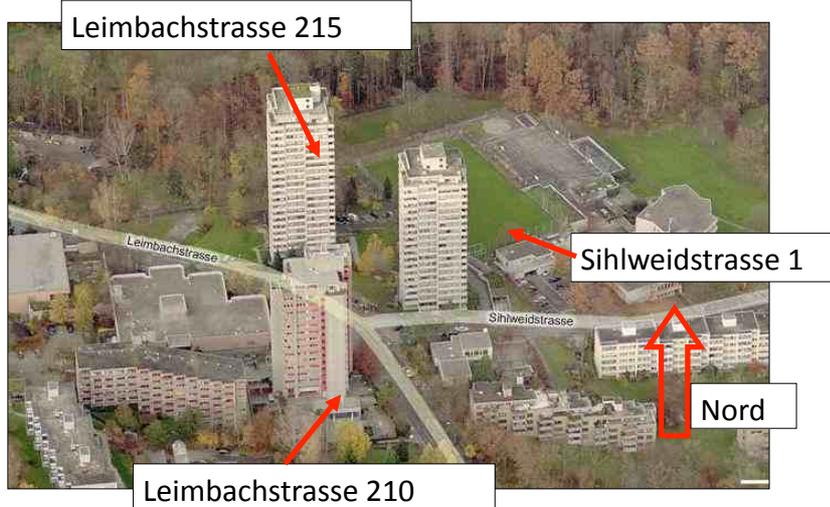
StudentInnen-Arbeiten in Burgdorf 2012/13

- PV-Anlage Johanneskirche Thun
- Ertragspotential hochalpiner PV-Anlagen
- PV-Anlagen „Sahara/ Hochalpin“
- PV-Anlage MFH Ostermundigen
- PV-Messsystem „Grobmessung“
- Schaltungsstrategien für teilbeschattete PV-Anlagen
- Smart-grid fähiger PV-Wechselrichter
- Kopplung „PV und E-Mobilität“
- Solarcarport Burgdorf und E-Mobilität
- Etc.



Hochalpine
Stromproduktion
Bellwald (VS)

Sanierung Hochhäuser Sihlweid in Zürich



Fazit Sihlweide:

- Interessante Anwendung von PV
- Heikle technische Probleme
- Neues Gebiet der PV
- Es braucht interdisziplinäre Zusammenarbeit
- Der Architekt muss mitziehen – oder gezwungen werden....
- **2012:** Leimbachstrasse 215 in Ausführung...



Fazit:

- In den nächsten Jahrzehnten drängen enormen Mengen Strom aus erneuerbaren Energietechnologien auf den Markt
- Diese Technologien sind noch mitten in der „learning curve“
- Es sind Firmen dabei die Technologien und hohe Wachstumsraten kennen. Sie sind oft in Wachstumsmärkten zu Hause (China etc.)
- Die herkömmliche Produktion mit „Band- und Spitzenenergie“ wird ersetzt durch „diskontinuierlich anfallenden Strom aus erneuerbaren Energien“ und gesteuertem Verbrauch (smart grid) und gespeicherter Energie.
- ➔ Strom wird eine noch wichtigere Energie – er kann auf vielfältige Art und Weise mit erneuerbaren Energien hergestellt werden.