

Wider den strukturellen Pessimismus

Transformation der Energiesysteme

Schlussvorlesung Ausblick 2025/2050

Dr. Rudolf Rechsteiner

23.12.2016

UGW Universität Basel

(leicht redigiert Ende Dezember 2016)

Übersicht

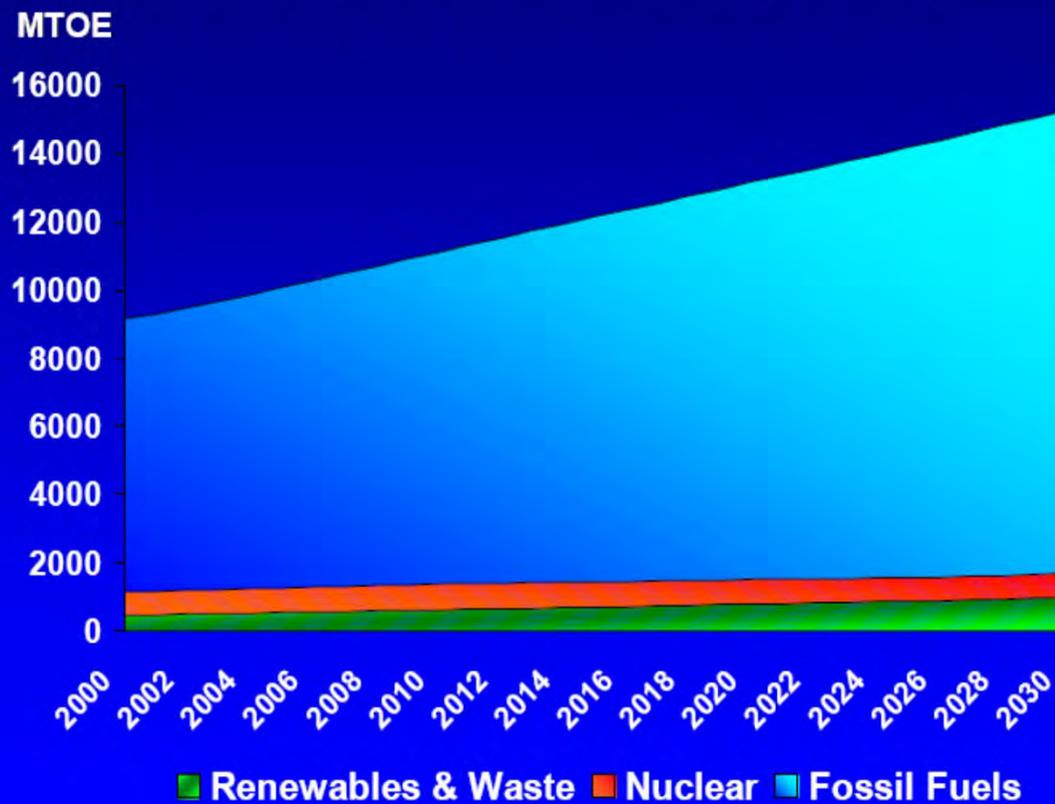
- 1. struktureller Pessimismus**
- 2. Weshalb beschleunigt sich die Transformation der Energieversorgung?**
- 3. Klare Indizien: Beispiele**
- 4. Peak Oil and Peak Demand zu Ende gedacht**
- 5. Verbleibende Konfliktfelder**

Übersicht

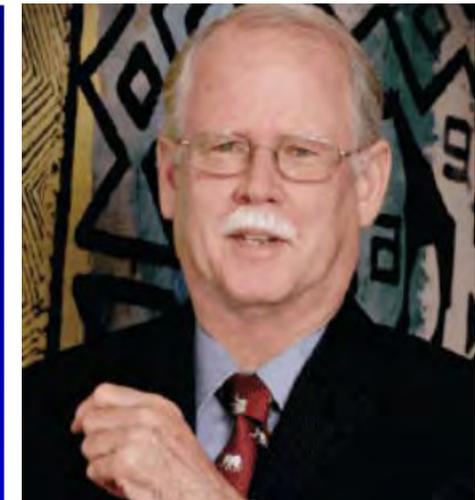
- 1. Wir leiden unter strukturellen Pessimismus**
 - **Selbsthypnose durch interessen geleitete Fehlprognosen**
- 2. Weshalb beschleunigt sich die Transformation der Energieversorgung?**
- 3. Klare Indizien: Beispiele**
- 4. Peak Oil and Peak Demand zu Ende gedacht**
- 5. Verbleibende Konfliktfelder**

William Ramsay, Deputy Director International Energy Agency
und seine Botschaft in der Umweltkommission Nationalrats:
Keine Erneuerbaren Energien! IEA View on energy (2003)

A Fossil Fuel Future



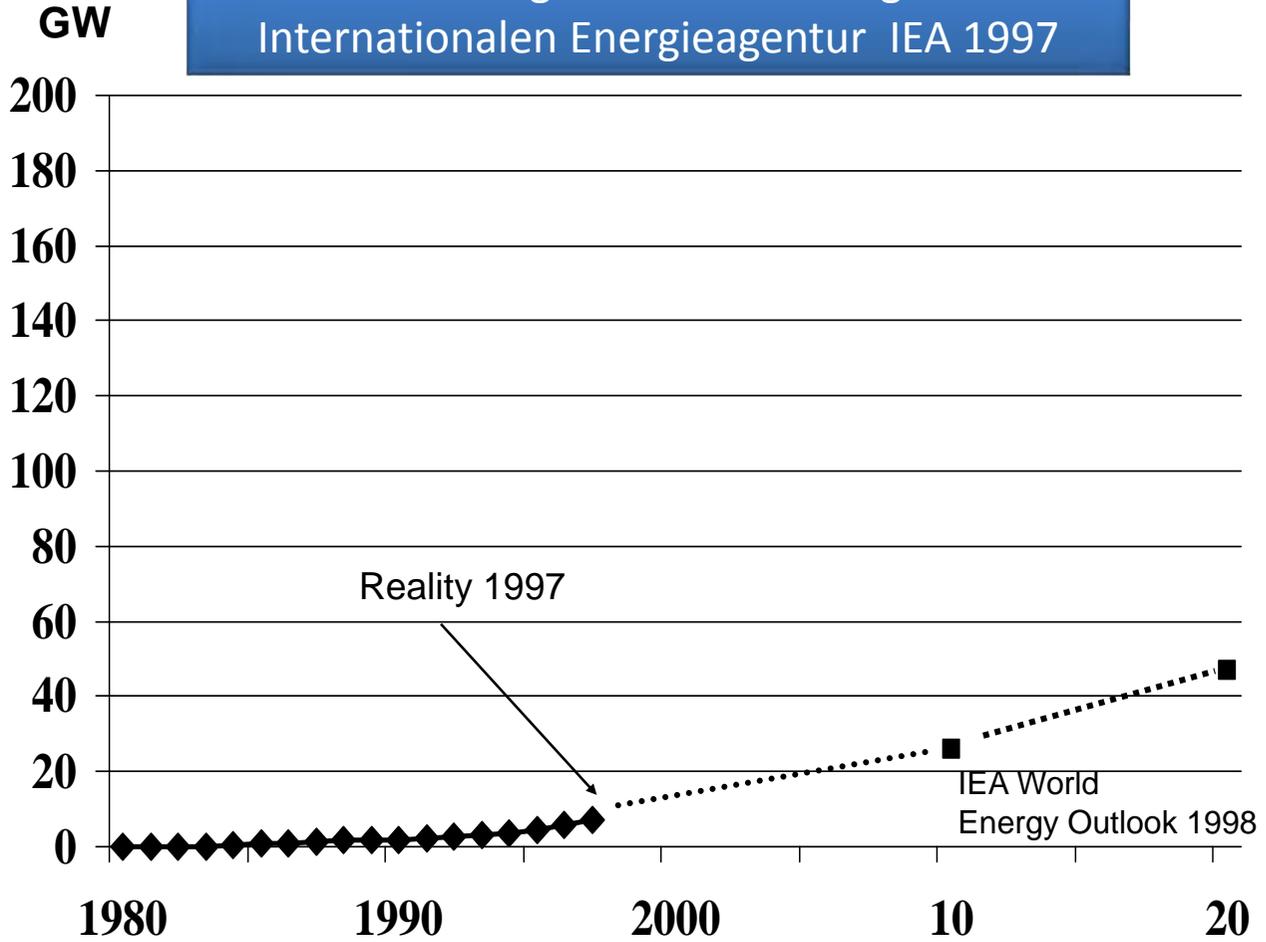
WCR



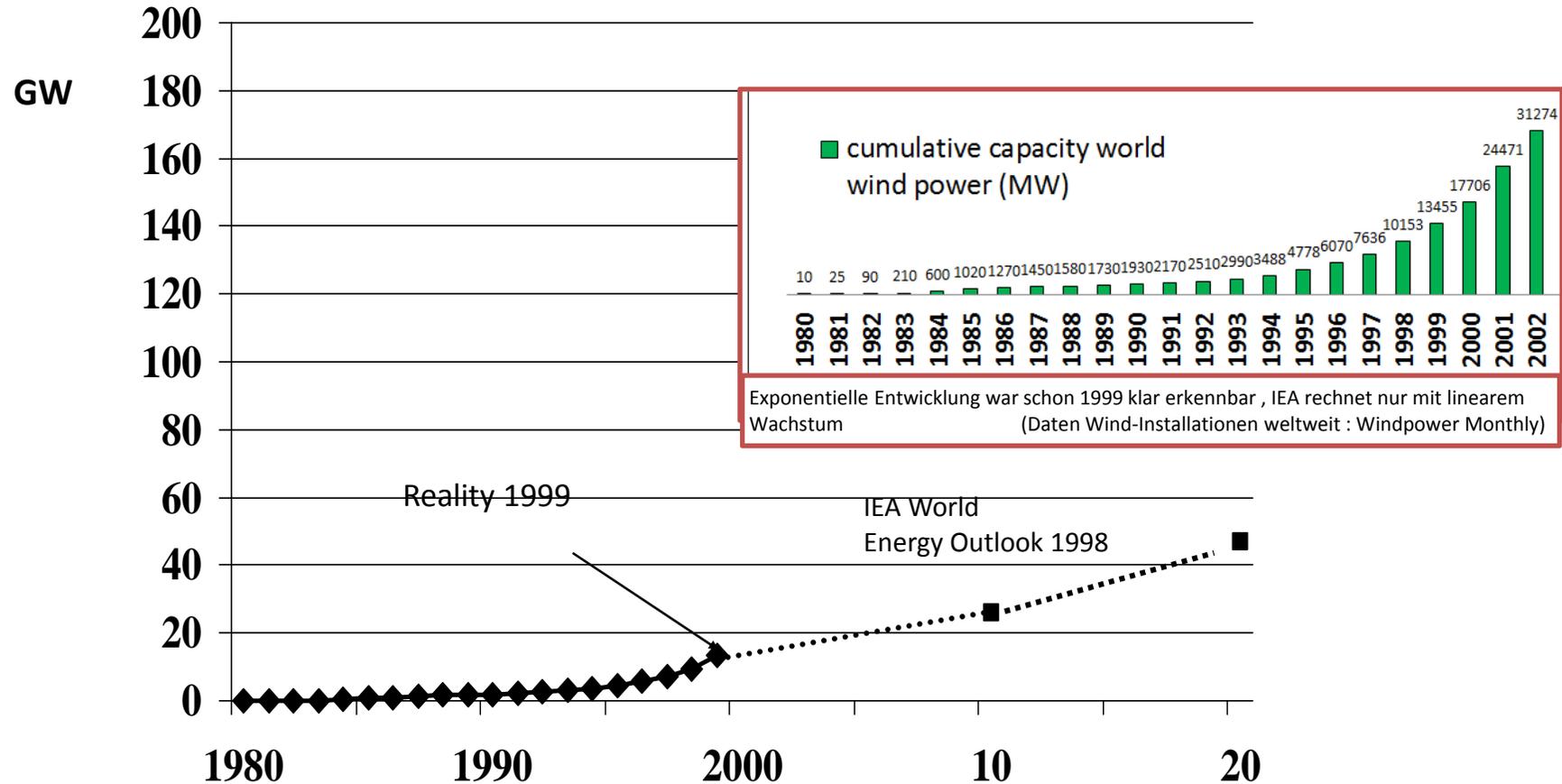
Internationale
Energieagentur(
IEA): Fehlprognosen
als Programm

Ziel: Erhalt des
Status quo mit Öl,
Gas, Kohle, Atom

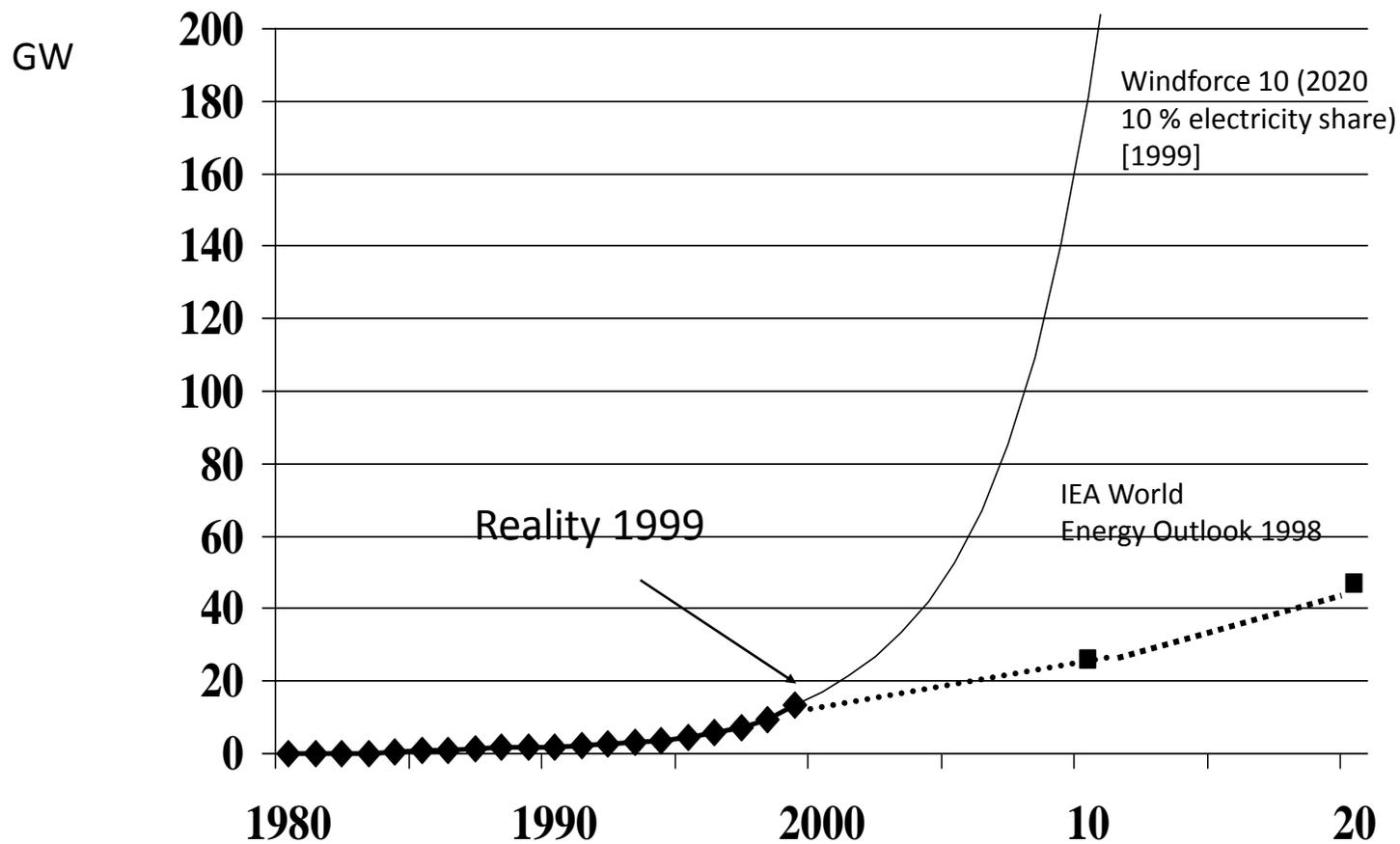
Windenergie: Wahrnehmung der Internationalen Energieagentur IEA 1997



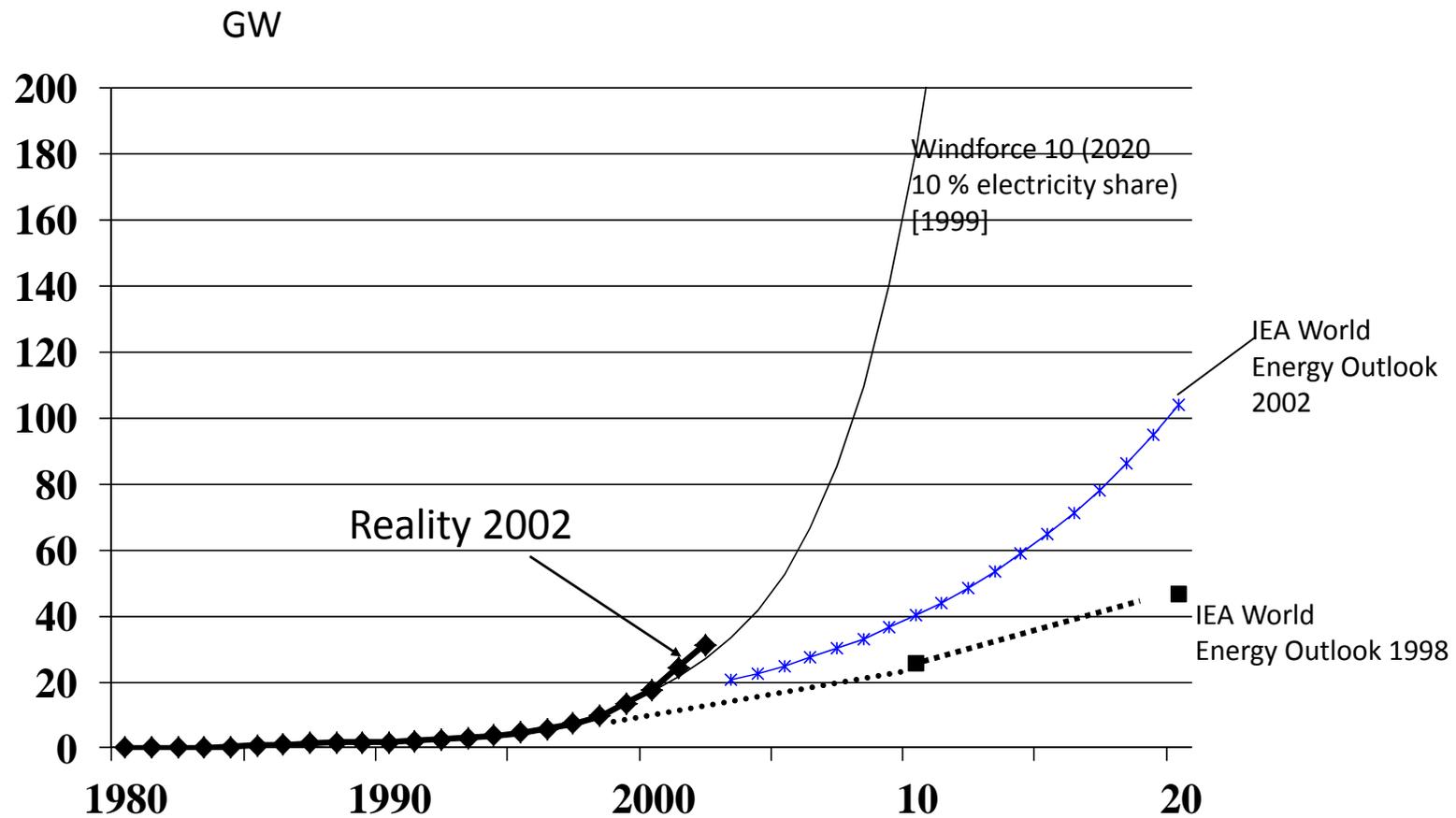
Exponentielles Wachstum der Windkraft war schon klar erkennbar



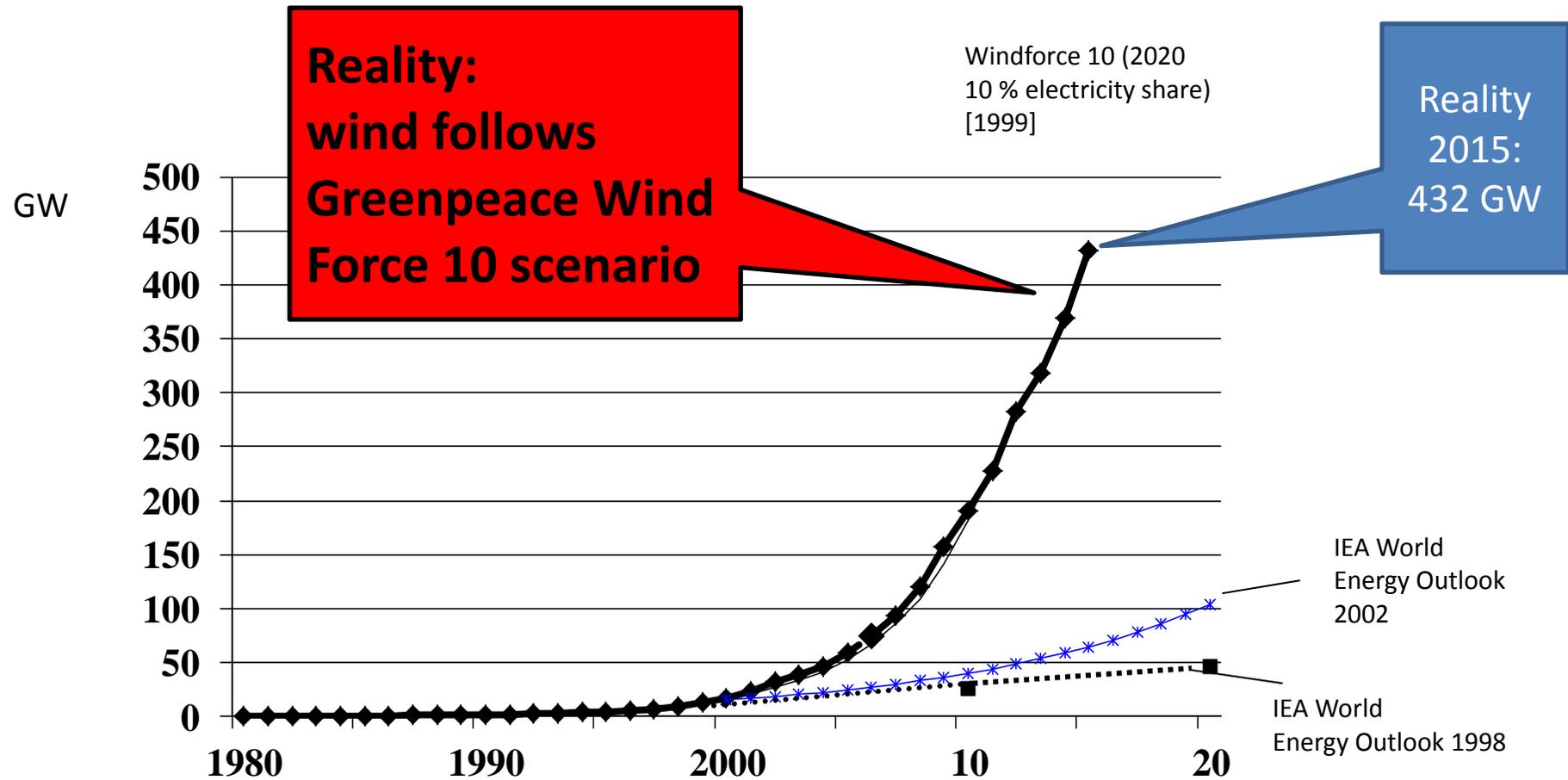
Greenpeace: Wind Force 10 (1999) Ten percent wind power by 2020 - or more



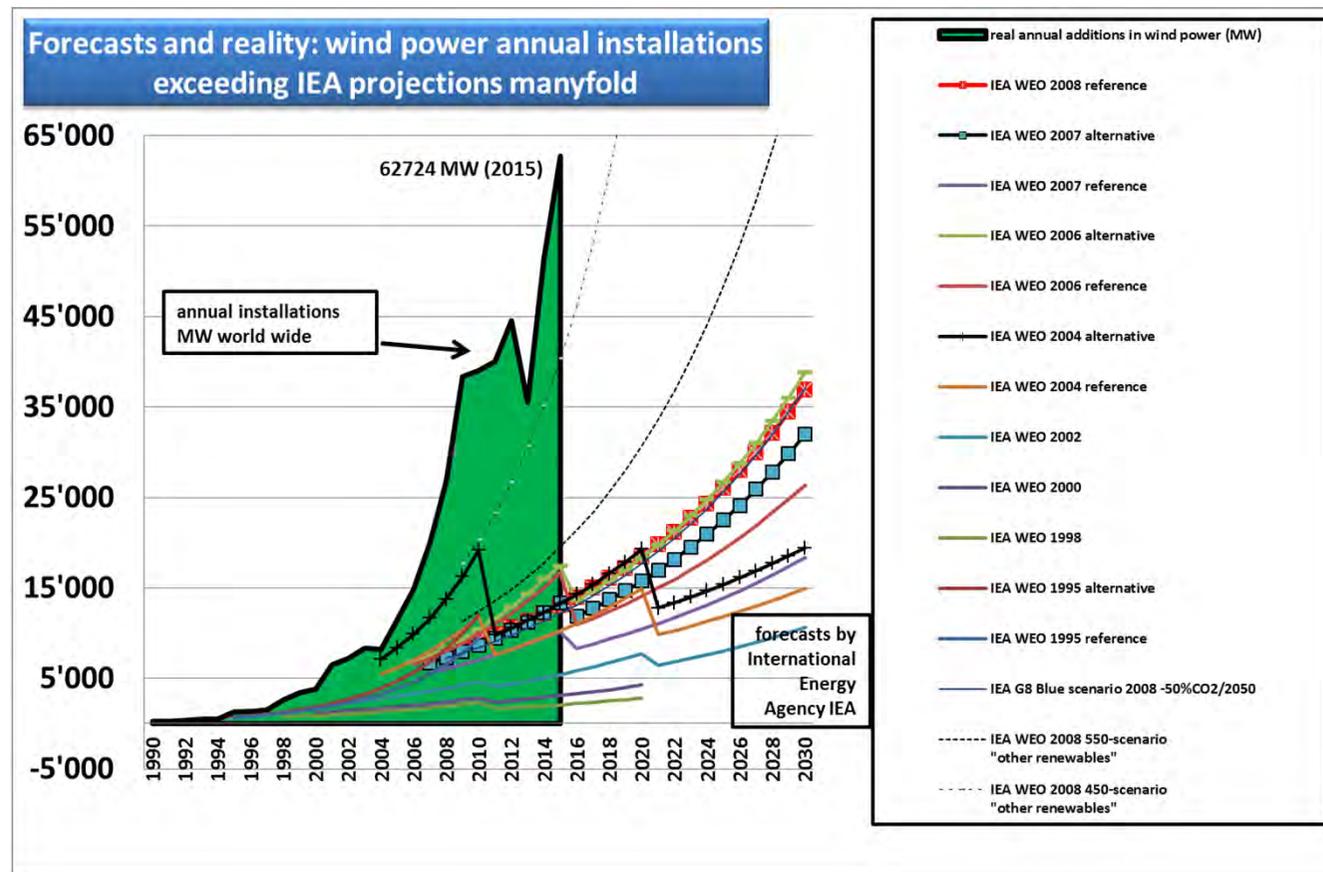
IEA-forecast 2002: wind forecast doubled to 105 GW by 2020



Reality: IEA 1998 forecast for 2020 passed in 2004
IEA 2002 forecast surrounded in 2008



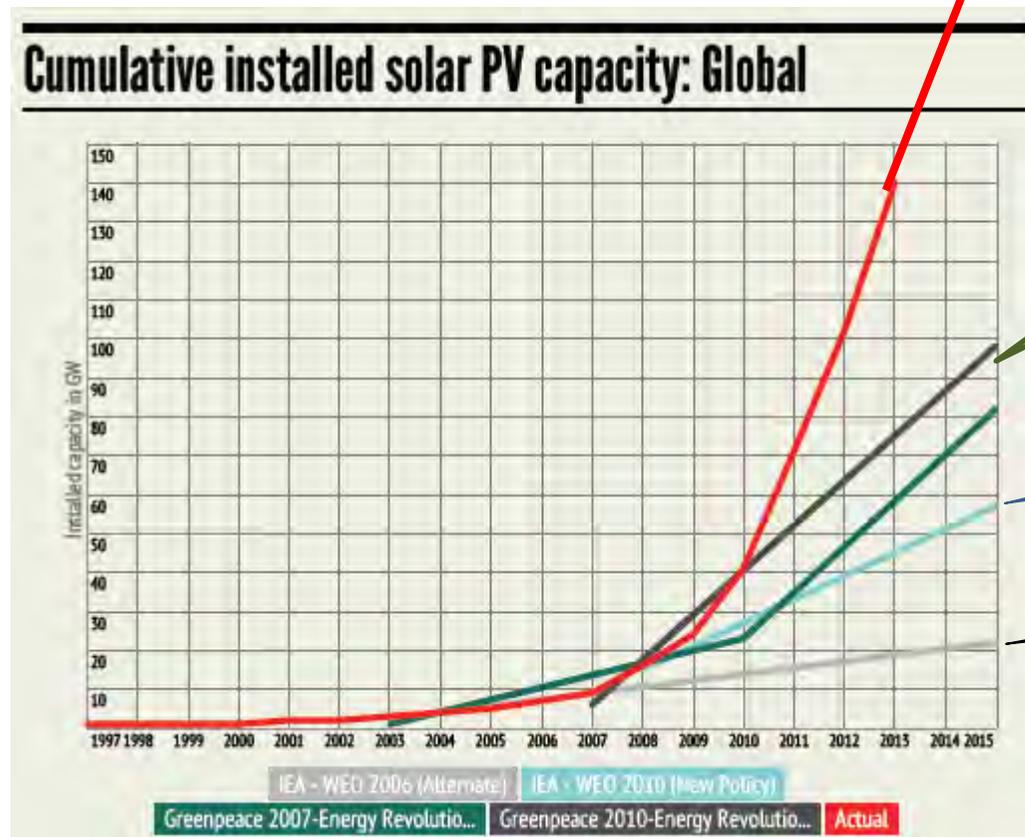
Kurvenschar der IEA Fehlprognosen 1998-2010 (Jährliche Neuinstallationen von Windkraft in MW)



Sources: IEA, World Energy Outlook, div. Jahrgänge /Wind power Monthly

IEA-Prognosen zur Photovoltaik und Wirklichkeit

<http://www.mc-group.com/the-renewable-energy-revolution>



Effektiver Zubau
Ende 2016
Ca. 330 GW

Greenpeace 2007
und 2010

IEA
New Policy Scenario

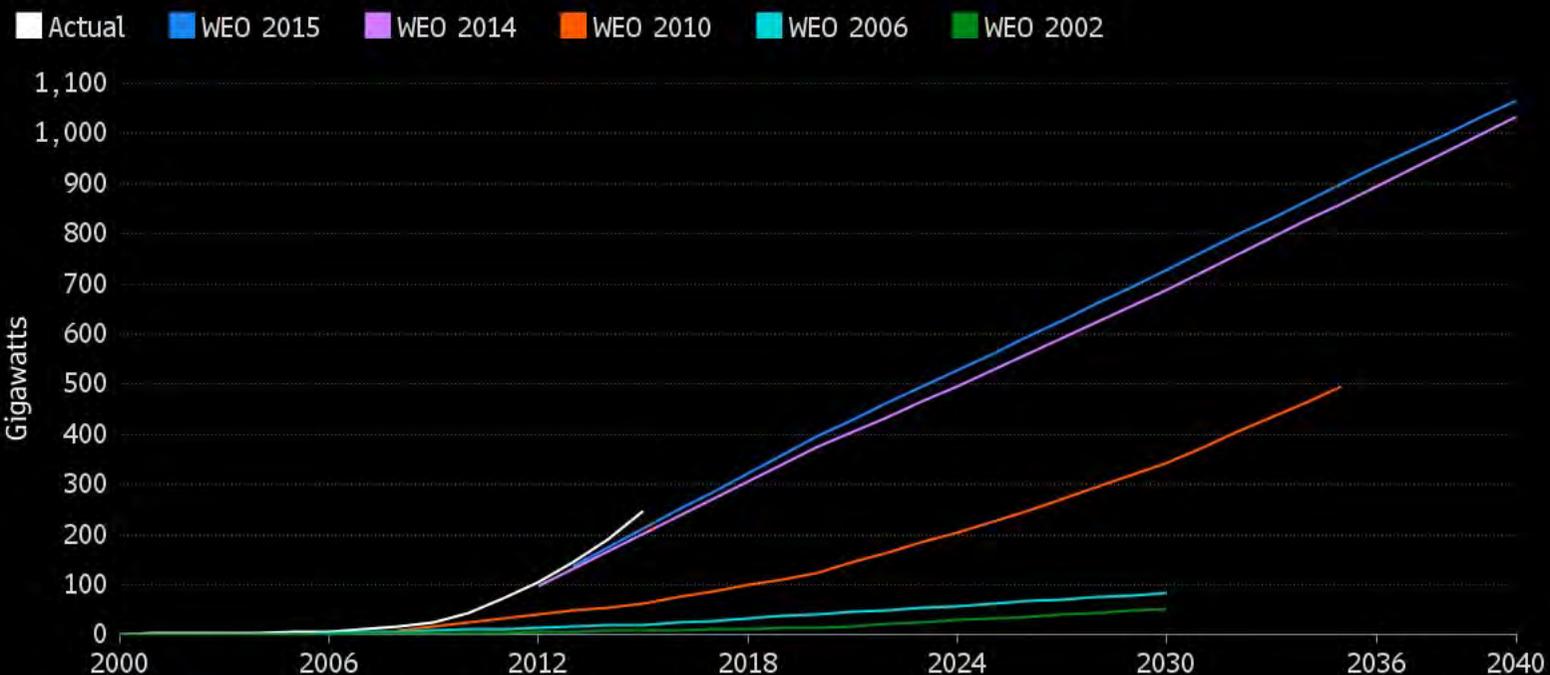
IEA World Energy
Outlook 2006
(Alternate Scenario)

IEA-Prognose: lineares Wachstum PV Realität: exponentieller Zuwachs

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-15/iea-to-lift-solar-wind-outlook-after-decade-of-underestimates>

Solar Forecasts

IEA installed solar power forecasts have been frequently revised up



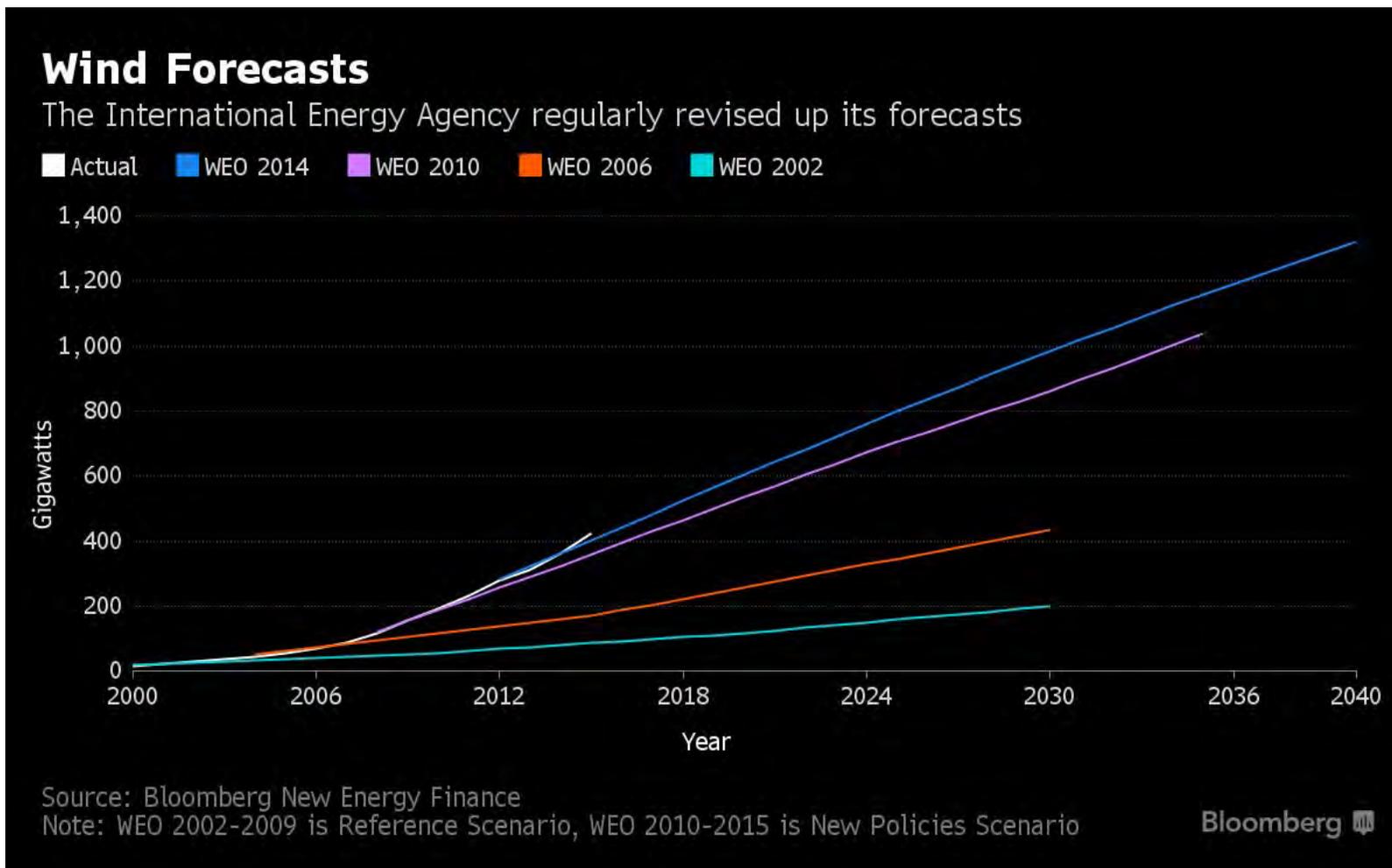
Source: Bloomberg New Energy Finance

Note: WEO 2002-2009 is Reference Scenario and WEO 2010-2015 is New Policies Scenario

Bloomberg

IEA-Prognose: lineares Wachstum Windkraft Realität: exponentieller Zuwachs

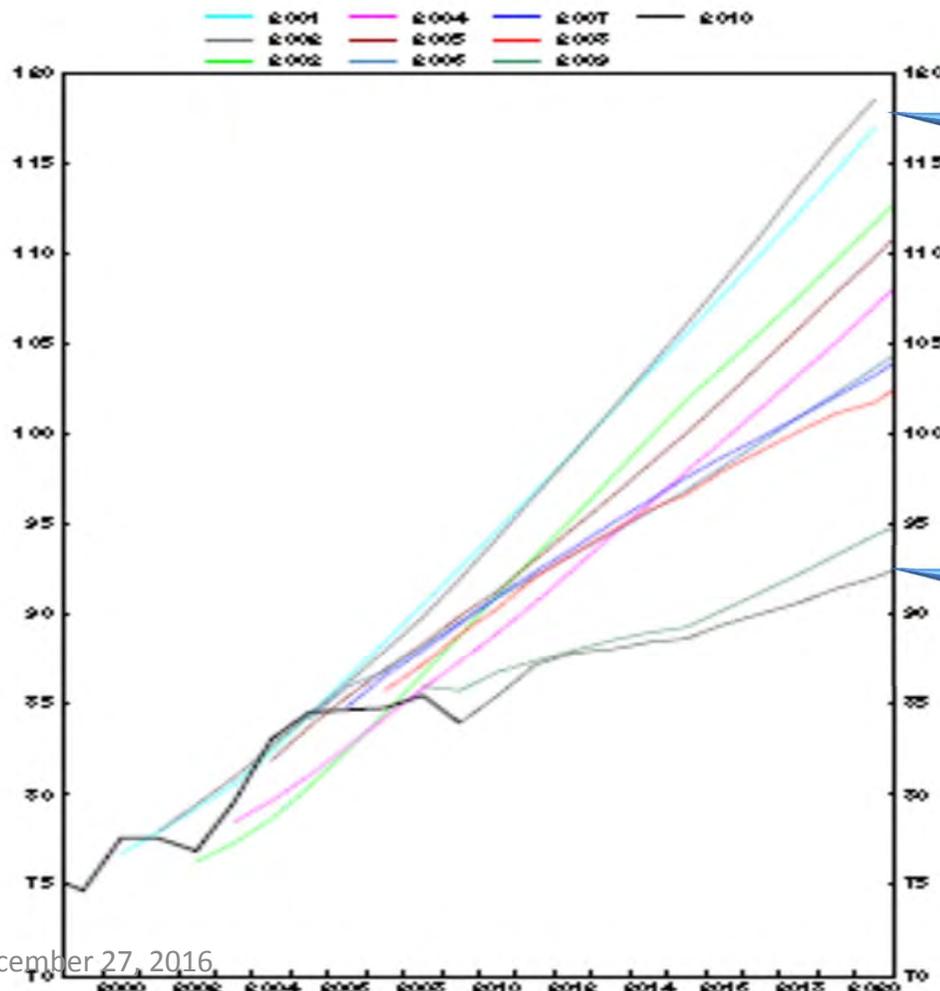
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-10-15/iea-to-lift-solar-wind-outlook-after-decade-of-underestimates>



Dramatische Überschätzung der Verfügbarkeit fossiler Energien (IEA oil production forecasts 2001-2012)

IMF Working Paper: The Future of Oil: Geology versus Technology (2012)

Figure 1. IEA Forecasts 2001-2010 (IEA Definition of World Total Oil Supply, in Mbd)



2001 prediction :
120 mbo per day in 2020

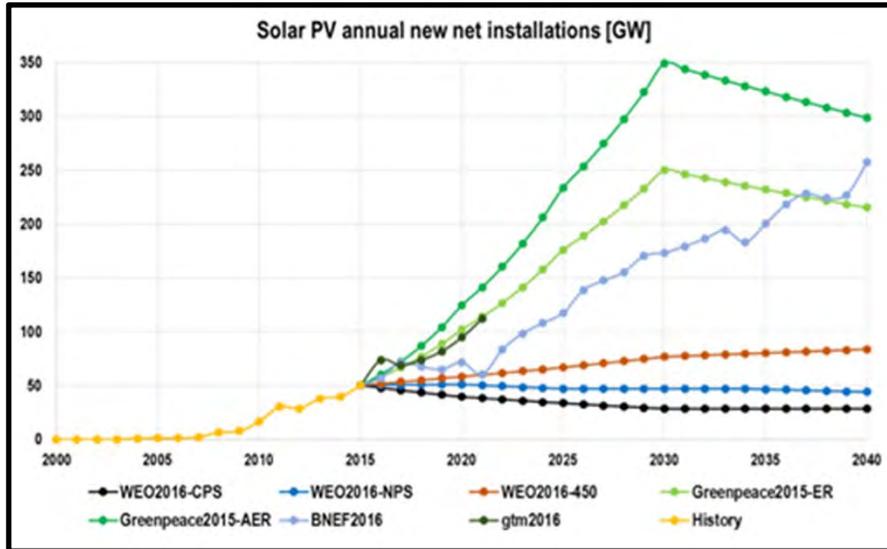
2010 prediction :
93 mbo per day in 2020

Stagnierende Produktion des konventionellen Erdöls zwang IEA zur sukzessiven Revision ihrer Förderprognosen nach unten

December 27, 2016

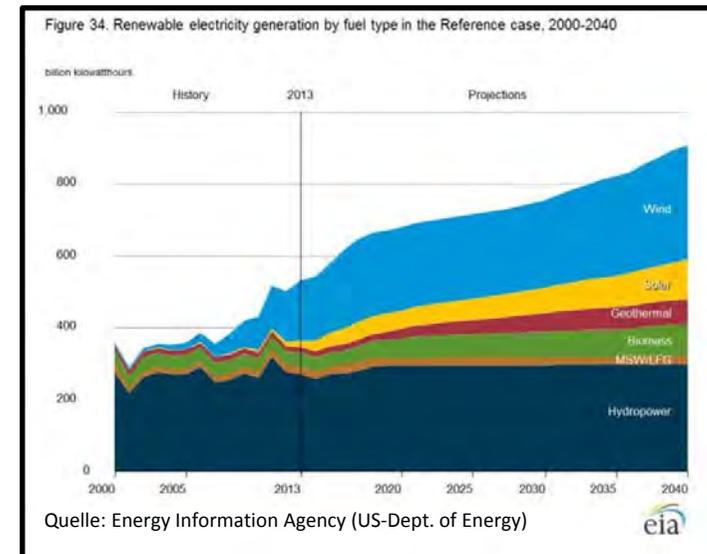
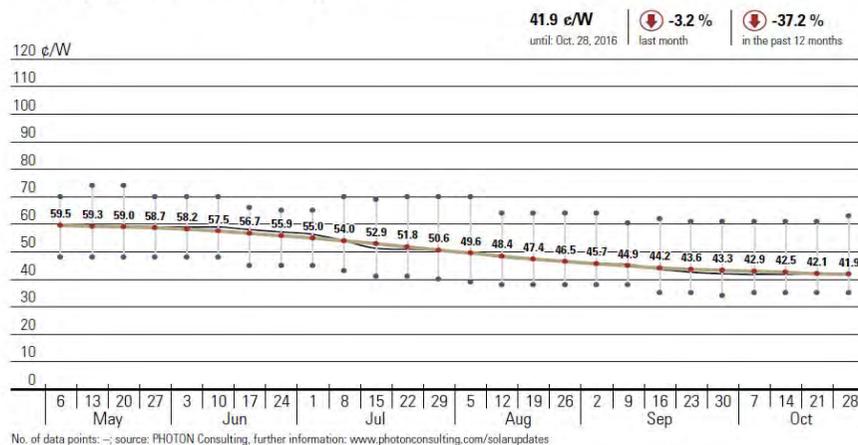
Mbo = Million barrel of oil per day

Jüngste Stagnations-Prognosen von IEA und EIA: kurzes Strohfeuer, danach sinkender Zubau der Erneuerbaren, trotz Preiseinbruch (???)



Unerklärlicher Wachstumseinbruch des Solarstrom-Zubaus in den IEA/EIA-Szenarien trotz stark sinkender Preise?

Factory-gate c-Si module prices



Preise für kristalline Solarmodule sinken um 37% in 12 Monaten (Okt2015 - Okt2016)

Sources: IEA/EIA/energy watch group/ Photon International

Neue Erneuerbare operieren in einer Produktlogik mit atypischer Geschwindigkeit

Eine Neue Welt dezentraler, vernetzter, langlebiger Investitionsgüter

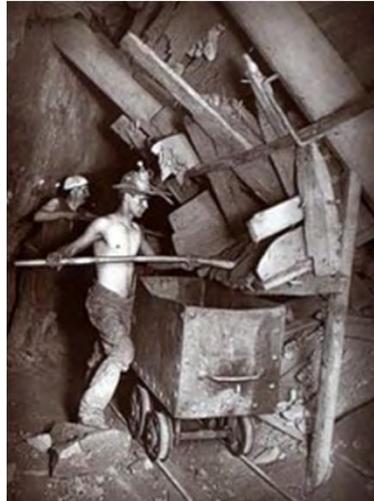
Biologisches Zeitalter
Vor 1750



Jagen – Sammeln
Säen – ernten – essen

Logik des Erbeutens
Logik des Kultivierens

mineralisches Zeitalter
ab 1750



Ausbuddeln,
auspressen,
verkaufen

Logik der Extraktion

solares Zeitalter
ab ca. 2000

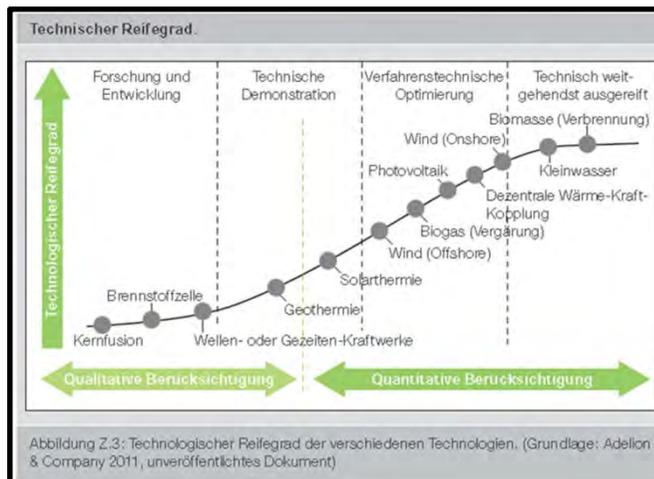
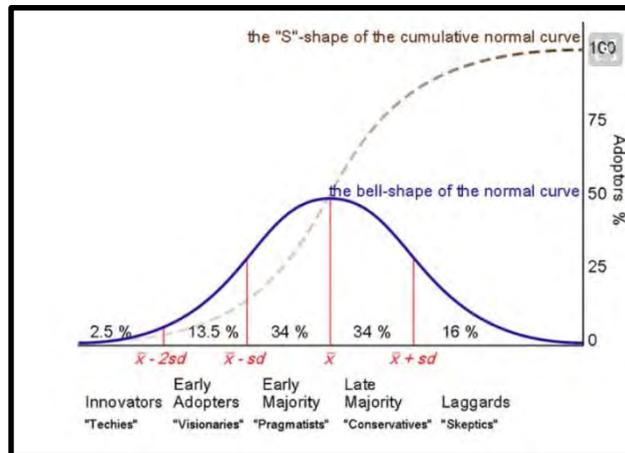


Investieren,
Vermarkten
Nutzen oder Speichern

Produkt-Logik!



Was ist mit Produktlogik gemeint?



Produktlogik der Stromerzeugung:

- Systematisches Durchschreiten einer technologischen Entwicklung bis zum Reifegrad
- Sinkende Kosten entlang der Lernkurve
- Eroberung neuer Märkte auf Basis von Wettbewerb
- Stabile bzw. weiter leicht steigende Nutzungsqualität

Was bedeutet Produktlogik in der Welt der Energieversorgung?

- Wettbewerb
- Dezentralisierung von Kaufentscheidungen
- Niederschwelliger Markteintritt
- Dynamische Innovationszyklen
- Kurze Wege
- Disruptive Wirkung

Un-Logik der offiziellen Prognosen scheint interessengesteuert – Folge: struktureller Pessimismus

Zwanghaftes Festhalten an Öl/Gas/Kohle/Uran: Ist Pessimismus begründet?

- Wir haben es zu tun mit Machtstrukturen, aber
- **Weshalb sollten die Konsumenten an einem bestimmten *Rohstoff* festhalten, wenn sie eine Energie-Dienstleistung brauchen?**
 - Elektron («Strom») ist ein homogenes Gut
 - Der Preis sollte über Erzeugung entscheiden, nicht die mineralische Qualität
 - Kein technischer Qualitäts-Unterschied nach Herkunft, ausser bei den externen Kosten (und dort *zugunsten der Erneuerbaren*)
- Festhalten an teuren Optionen funktioniert nur, indem man Wettbewerb behindert. Also muss man fragen:
 - Wo sind die Wettbewerbsverhinderer?
 - Wofür Staatshilfen, «Kapazitätzulagen», Öl-Förderungs-Subventionen
 - Weshalb eine Akzeptanz für die Sozialisierung externer Kosten wie CO₂, Atommüll?
- In offenen Märkten setzt sich die billigste Variante durch
 - Deshalb reisen wir heute nicht mehr in Pferde-Kutschen.
 - Marktverdrängung in der Regel nahe bei 100%.

- *Die Welt steht vor massiven Veränderungen, wie um 1900...*



1900 New York 5th avenue

div. Folien:
Dank an

© [Krispin Romang](#)

DISRUPTION



1900 New York 5th avenue

DISRUPTION



1913 New York 5th avenue

DISRUPTION



1913 New York 5th avenue

DISRUPTION

\$/kWh

2006: \$ 1'300.-

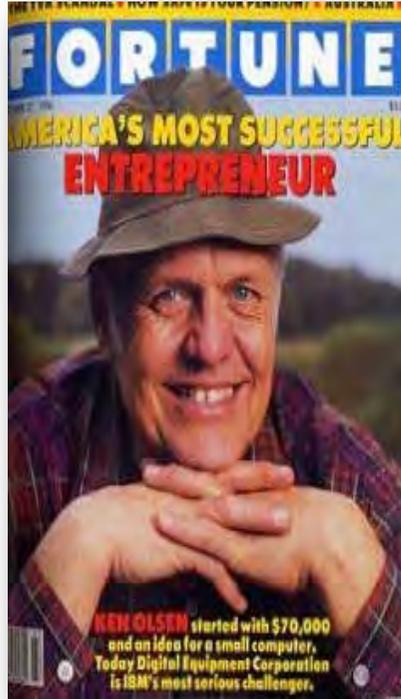
2016: \$ 145.-

2022: \$ 100.-



Li-Ionen
Batterie

Disruptionen und der Verlust der Komfortzone

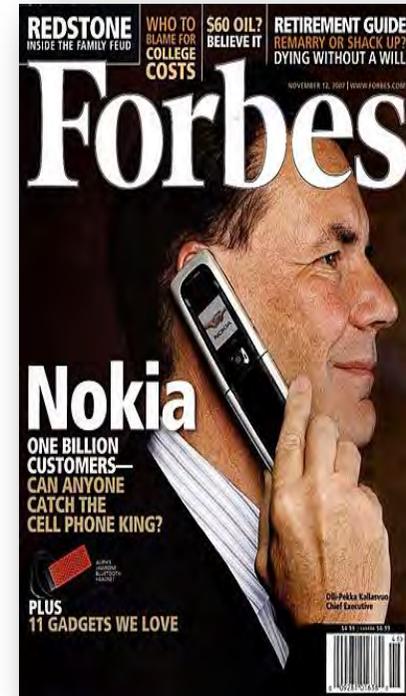


«there is no reason anyone would want a computer in their home»

Ken Olson, CEO Digital Equipment - 1977

«the iPhone is a niche product»

Olli-Pekka Kallasvuo, CEO Nokia - 2008



Disruptionen und Geschwindigkeit



3 Jahre



4 Jahre

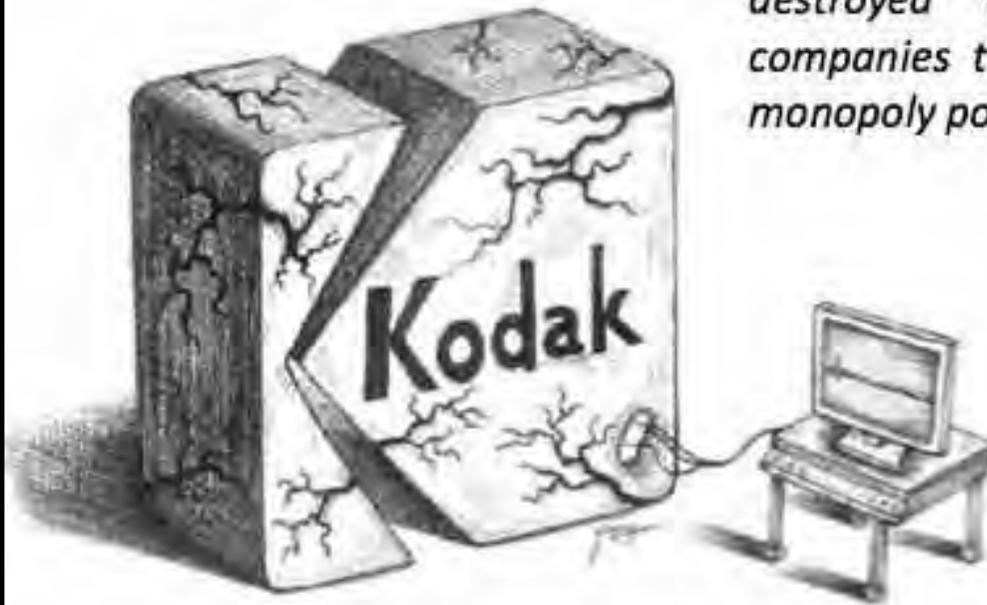


3 Jahre

Kreative Zerstörung (Josef Schumpeter 1883-1950)

The gale of creative destruction

In capitalism, innovative entry by entrepreneurs was the force that sustained economic growth, even as it destroyed the value of established companies that enjoyed some degree of monopoly power – Joseph Schumpeter

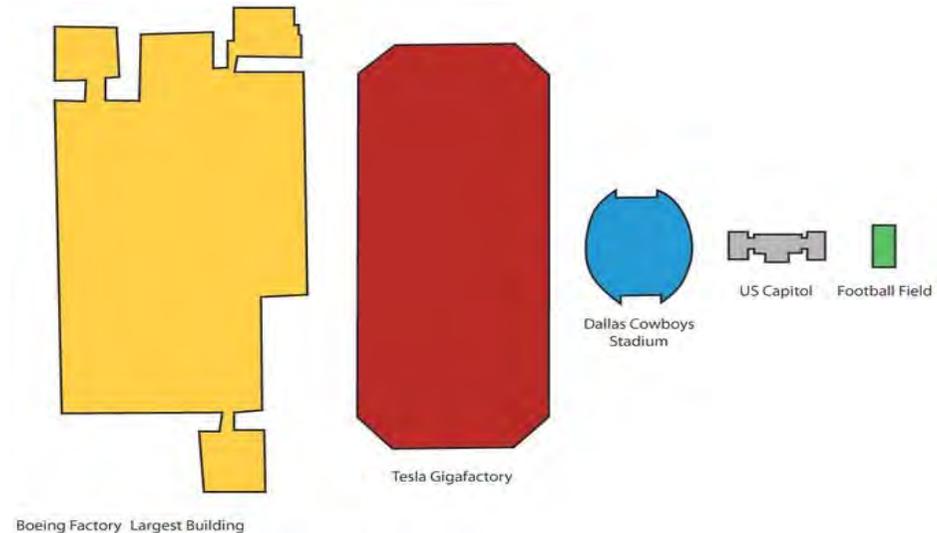




Elon
Musk 44,
CEO Tesla
Motors

CH: meistverkaufte Modelle der Luxusklasse (2015)

1) Tesla Model S	1'556 (+213,7%)
2) Mercedes S	776 (+14,5%)
3) Maserati Ghibli	525 (-2,2%)
4) Mercedes AMG GT326	(neu)
5) BMW 7-er	192 (+45,5%)



Tesla verdoppelt Batteriezubau- Weltkapazität



In den USA ist Tesla dabei den Bau seiner Gigawattfabrik abzuschließen.

Skizze: Tesla Motors

2010

© Krispin Romang





Chris Porritt

45-50, Special Projects

Apple

- Projekt vollautonomes & -elektrisches Auto von Apple
- Klassifiziert, wahrscheinlich rund 1000 Entwickler
- Software wird wichtiger als Hardware
- Apple befasst sich auch mit Elektroantrieb und Akkutechnik
- Möglicher «roll-out» 2019/2020



Weshalb eine beschleunigte Transformation im Energiesektor?

1. Beschleunigung der Transformation hat **institutionelle Vorläufer:**
 - **Offene Netze**
 - Übergang zu **Wettbewerb**
 - **Dezentrale Nutzungs-Strukturen, dezentrale Innovationen**
2. **Unterschied zur klassischen Umweltpolitik**
 - Neuen erneuerbare Energien verursachen **keine Vermeidungskosten mehr , sondern nur noch Vermeidungsgewinne** im Vergleich zu umweltbelastenden herkömmlichen Energien
 - Sie weisen **keine Erschöpfungserscheinungen** auf
 - Es entstanden **sinkende Grenzkosten** dank Lernkurve
3. **Die Kostensenkungen der Erneuerbaren stellen die Rentabilität aller anderen Energieträger grundlegend in Frage.**
4. Die wirtschaftlichen Erfolge der EE setzen alle Volkswirtschaften unter Druck, die **institutionellen Innovationen** wie in der Marktordnung der EU zu replizieren.

2008: wind power in context

Model assumptions: Scenarios A-D!

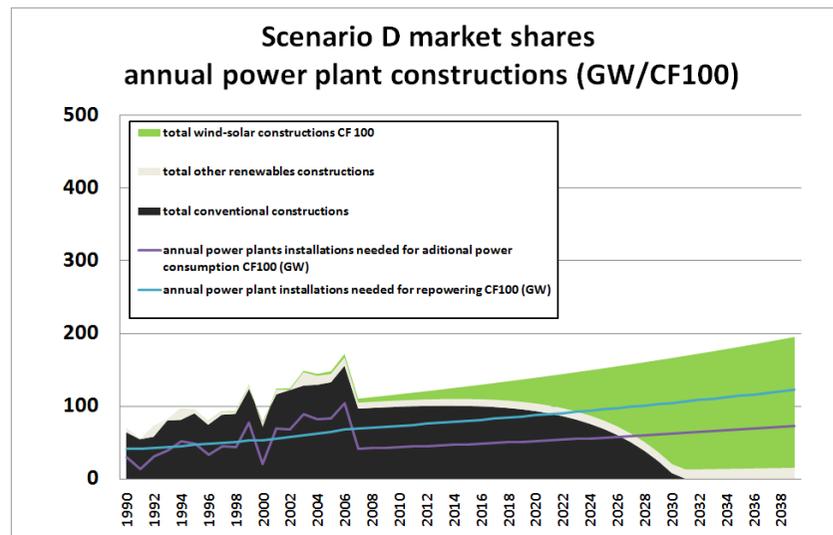
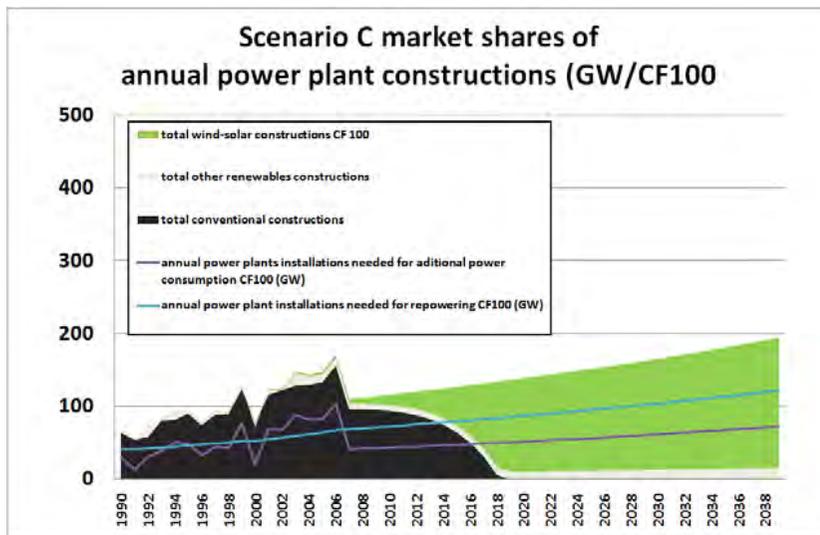
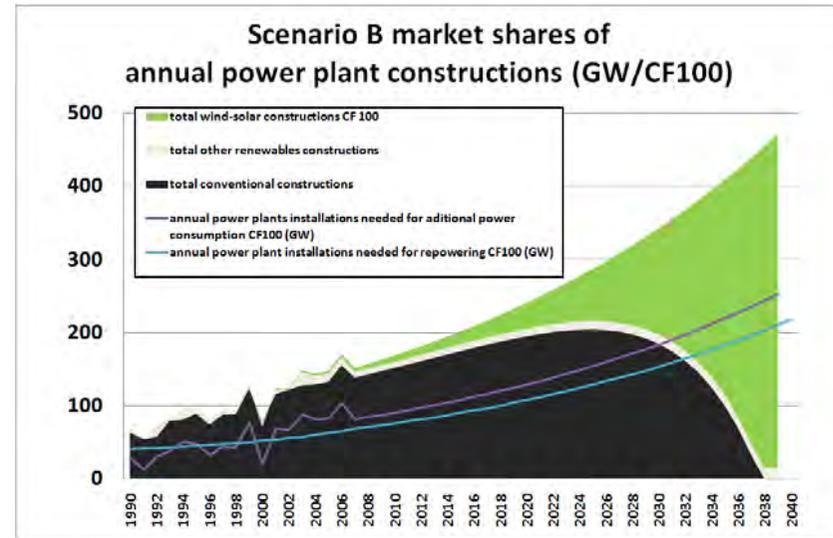
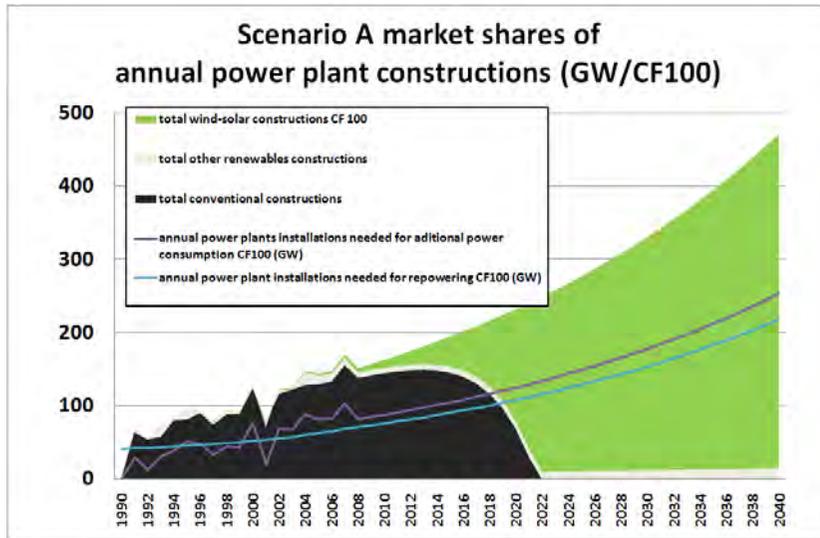
growth parameters: 1) world electricity consumption 2) world wind power

- **High growth = growth to continue at mean annual rate 1998-2007**
- **Moderate growth = growth to continue at half of mean annual rate 1998-2007**

<i>Scenario</i>	World electricity consumption growth	Wind sector growth annual additions (may include solar)
<i>A</i>	3.6%	30.4%
<i>B</i>	3.6%	15.2%
<i>C</i>	1.8%	30.4%
<i>D</i>	1.8%	15.2%

New Power plant investment shares

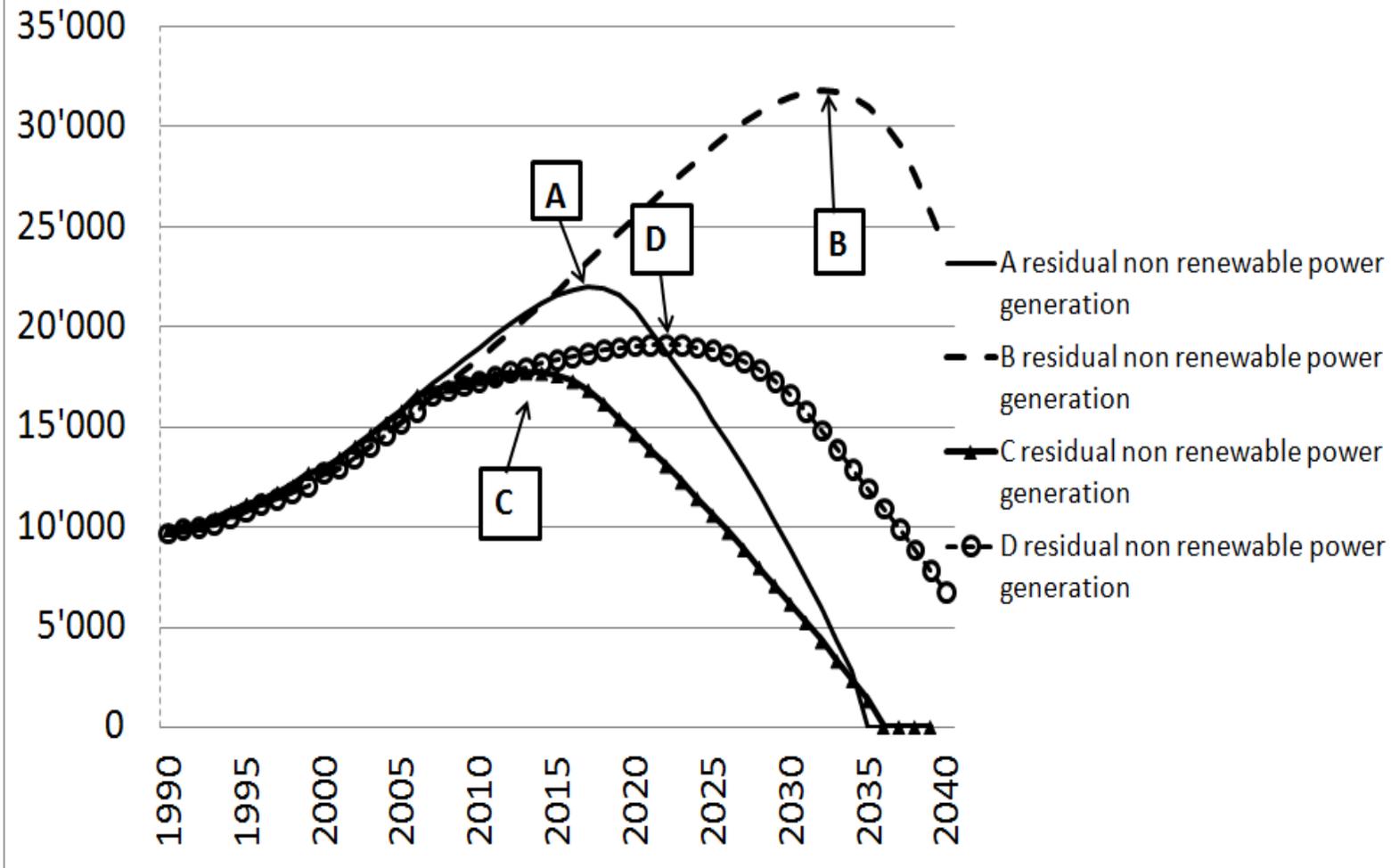
scenarios A-D



December 27, 2016

Source: Rechsteiner-Wind-power-in-Context(2008)
<http://energywatchgroup.org/wind-power-report-2009>

Non renewable power generation TWh, and peak year 1990-2040 Scenarios A-D



Source: Rechsteiner-Wind-power-in-Context(2008)
<http://energywatchgroup.org/wind-power-report-2009>

Folge des markterfolges von Sonne und Wind: Second best-Lösungen und Scheinlösungen verlieren Terrain

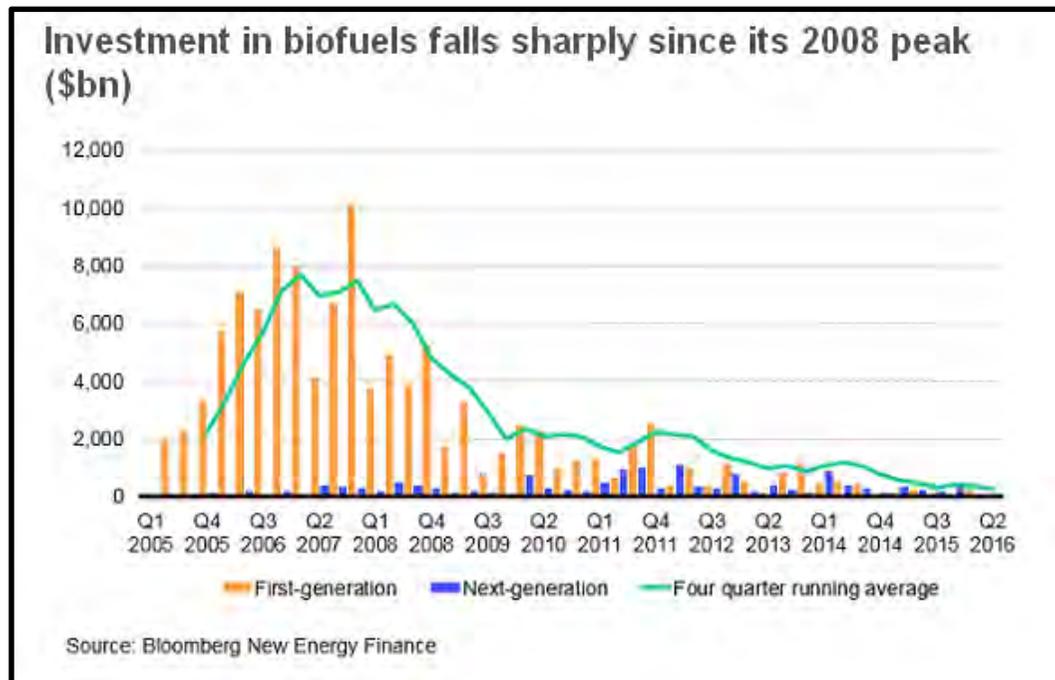
Beispiele

Hybridfahrzeuge (Toyota Prius)

Agrotreibstoffe («Biofuels»)

Kernenergie, Schneller Brüter

Carbon-capture-and-storage (CCS)



Japan to close fast breeder reactor

Technology that promised unlimited power with less nuclear waste suffers further blow

DECEMBER 21, 2016

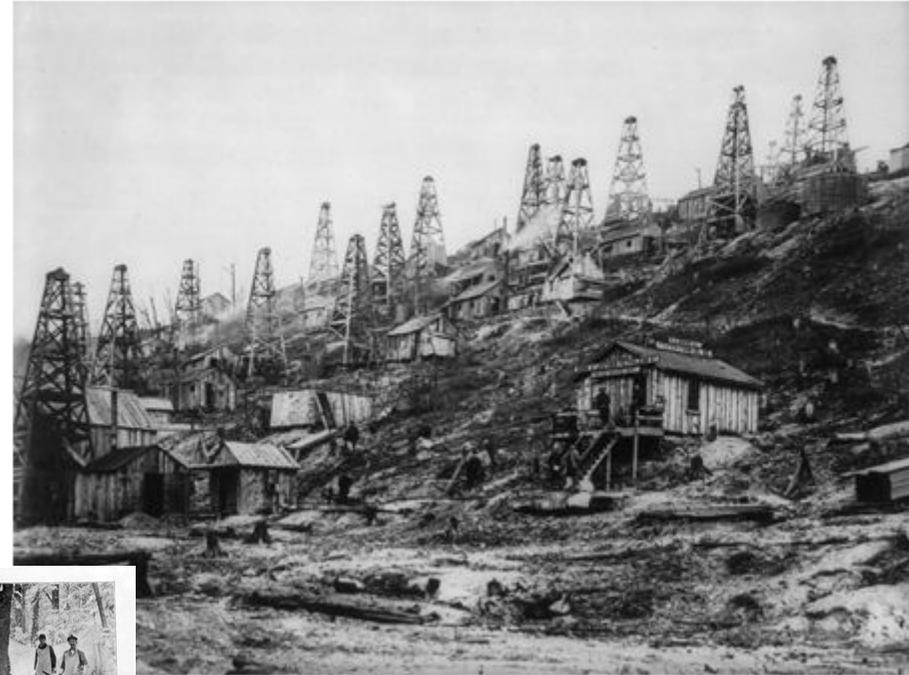
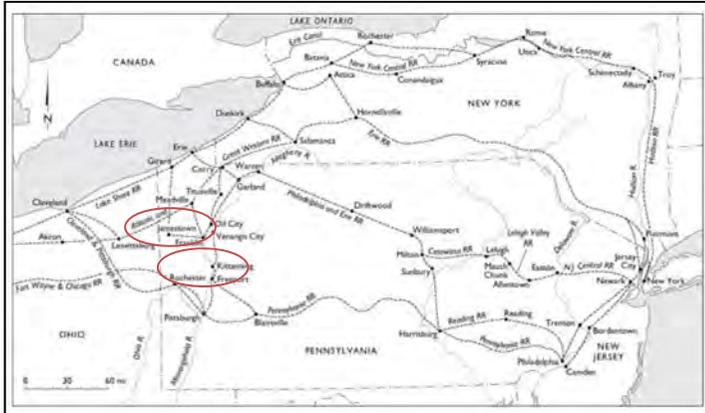
UK cancels pioneering £1bn carbon capture and storage competition

Conservative government breaks manifesto promise on project to capture emissions from fossil fuel plants, days ahead of UN climate summit in Paris

22.12.2016



Allerdings werden gewisse Paradoxe bestehen bleiben: Neue Energiewelt wird stets mit «alten Energien» gebaut!



Frühe Ölförderung (Pennsylvania):
Holztürme, Holzfässer

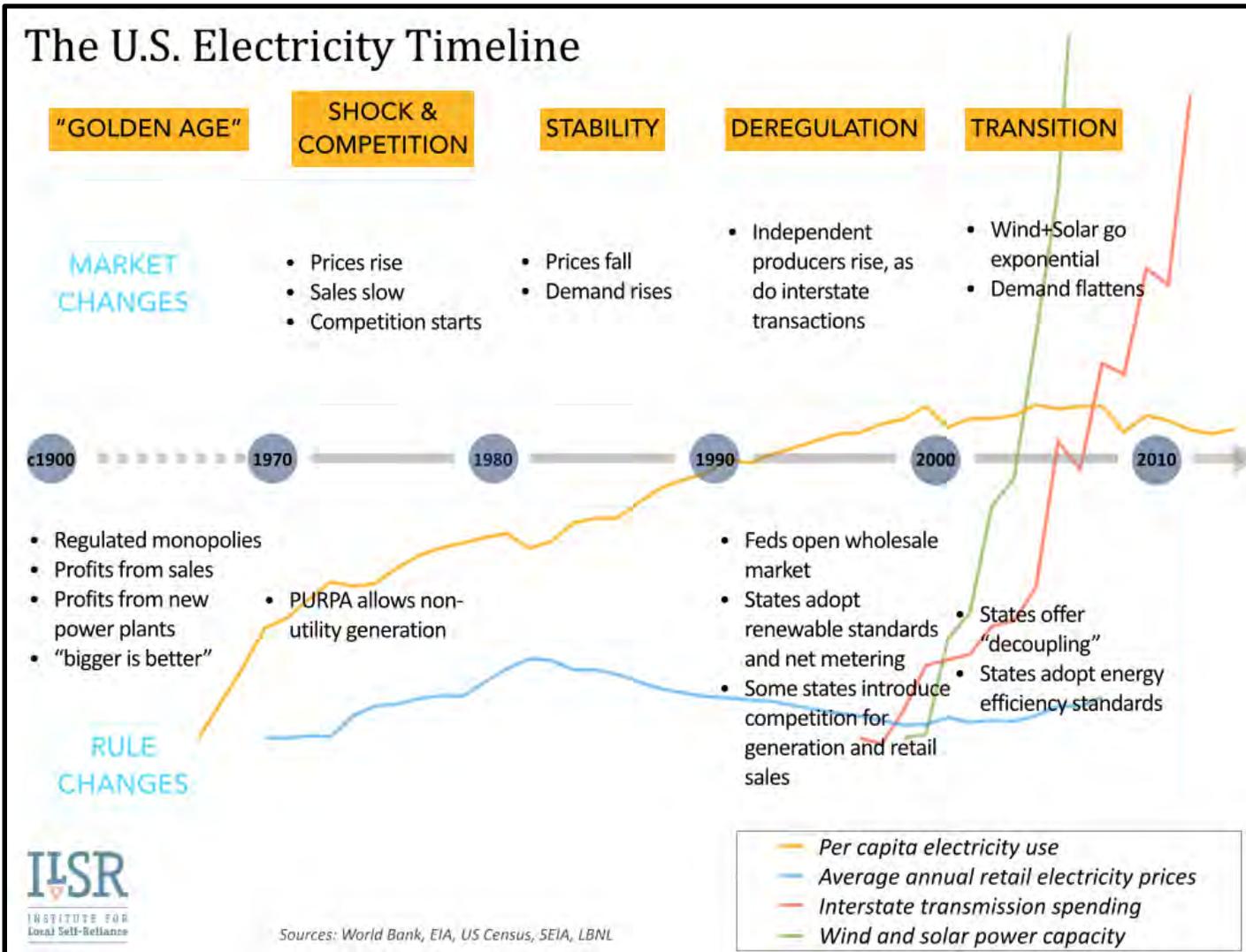
Bau der ersten Ölpipeline (1879, Penn.)

Bild: Von Kohle zu Erdöl:
Eisenbahnliesen & Pipelines und Öl-Bohrtürme
wurden in Handarbeit oder mit Pferdestärken
erstellt.

Übersicht

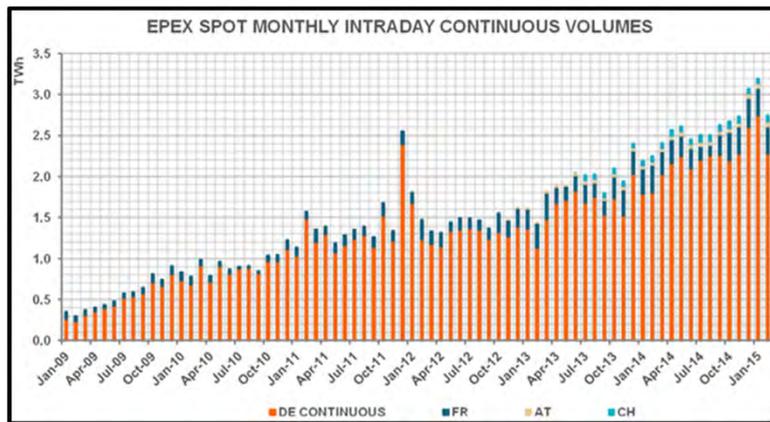
1. **struktureller Pessimismus**
2. **Weshalb beschleunigt sich die Transformation der Energieversorgung?**
3. **Klare Indizien: Beispiele**
4. **Peak Oil and Peak Demand zu Ende gedacht**
5. **Verbleibende Konfliktfelder**

Vorläufer der Transformation sind die institutionellen Reformen (Beispiel USA)



Vorläufer der Transformation sind die institutionellen Reformen (Beispiel EU)

Zunahme des Tageshandels (<24 h)
an der europäischen Strombörse EPEX



Weitere Elemente neben Wettbewerb:

- Klare Ausbauziele für Erneuerbare
- Einspeisevergütungen (2000-2014)
- Vorrangiger Netzzugang für EE
- Koordinierter Netzausbau

Market coupling: freier Handel für
Strom und Netzkapazitäten

- 2006: Trilateral Market Coupling
- 2010: Market Coupling Central Western Europe (CWE)
- 2010: Market Coupling von Spanien und Portugal (South Western Europe SWE)
- 2014: Market Coupling North Western Europe (NWE): Kopplung von CWE mit Skandinavien, den baltischen Staaten, Grossbritannien und Polen
- 2014: Anschluss von Spanien und Portugal (Market Coupling von SWE mit NWE)
- 2014: 4M Market Coupling: Kopplung von Tschechien, Slowakei, Ungarn und Rumänien
- 2015: Market Coupling Italian Borders: Kopplung von Frankreich, Italien, Österreich und Slowenien



Sonne und Wind liefern billigsten Strom: Neue Stichproben 2015/2016

Beispiel Ontario

Ontario to launch 600MW tender
6 April 2016 by Diane Bailey
The Ontario government will issue a tender for 600MW of new wind this summer.
The new purchase plans come just weeks after the Canadian province awarded contracts in its first competitive procurement since ending its feed-in tariff (FIT) programme.
The IESO announced it would buy wind energy from five projects at an average cost of C\$0.0859/kWh (US\$0.06541/kWh). The price for wind power is now on a level playing field with other forms of generation in Ontario, and is for the first time below the average cost of electricity production in our province," energy minister Bob Chiarelli said.

Beispiel Norwegen

RechargeNews.com 7. Juni 2016 - 10:15

Europe's biggest and cheapest onshore wind project

Powerful winds from the wild North Atlantic consistently lash against the long Norwegian coast at more than eight metres per second (m/s). Utility Statkraft's 1GW Fosen project — a monster facility that will not only be the continent's biggest ever onshore wind farm, but is also likely to have the lowest power production costs ever seen in European wind.

"Fosen is arguably the best wind project in Europe in terms of production costs," says Andreas Thon Aasheim, special adviser at the Norwegian wind energy association, Norwea. Assuming a weighted average cost of capital of 8% and 3,500 full load hours per year, a base case typical Norwegian wind farm can produce at a levelised cost of energy (LCoE) of €44 (\$49) per MWh, says Norwea. That is already cheaper than prime locations close to the German North Sea that are considered to be among the continent's best. But Thon Aasheim estimates the LCoE at Fosen will be even less — €35-40/MWh.

Beispiel Mexiko

Tender bids plummet

With a growing number of jurisdictions contracting utility-scale renewable energy through competitive auction processes, renewable energy is increasingly proving its mettle against conventional energy generation.

The results from Mexico's tender in March are a case in point (see page 19). Bid prices came in between US\$35/MWh and US\$68/MWh, for 5.4TWh of energy spread across 16 projects with a total capacity of just over 2GW. The lowest was \$35.44/MWh from Enel Green Power, for a 330MW solar project, setting a new low for solar. Wind prices were higher, averaging US\$55/MWh, in line with current prices in the market.

Beispiel Dänemark



4,99

CENT für die Kilowattstunde Strom ist das niedrigste Gebot für Offshore-Wind, das in Dänemark jetzt einen Zuschlag erhalten hat.

Abgespeckt auf See

Offshore-Planer unterbieten sich derzeit, um bei Ausschreibungen einen Zuschlag zu bekommen. Sind 4,9 Cent noch realistisch?

Beispiel Spanien



The low cost of Spanish solar

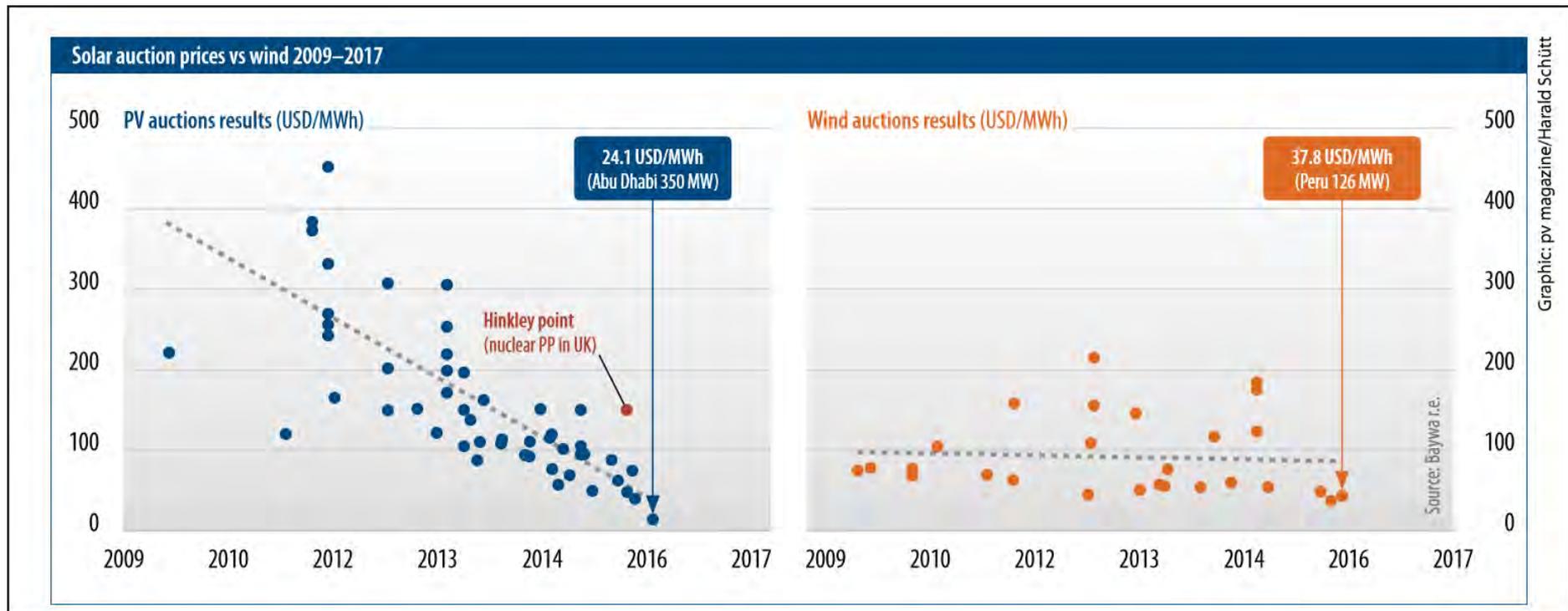
Germany's BayWa r.e. is offering utility-scale solar in Spain at just €0.038/kWh and is consciously abstaining from FITs in a move that could turn the very energy system on its head, write Benedikt Ortman and Karl-Heinz Remmers.

Ausschreibeverfahren und Unbundling

(Trennung des Netzbetriebs von der Stromerzeugung)

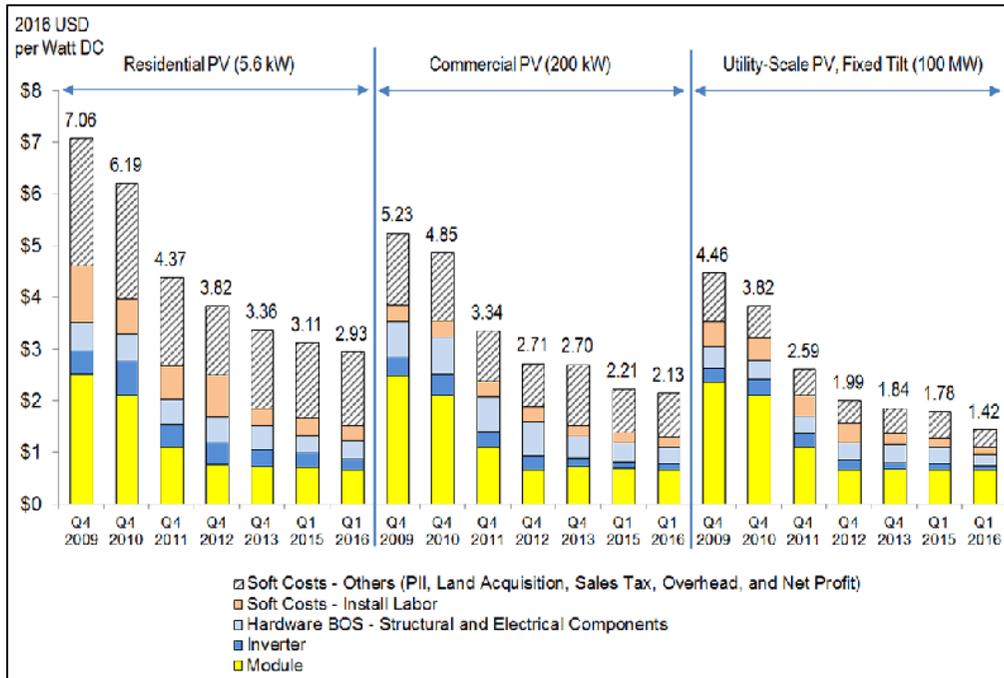
erhöhen Transparenz und Wettbewerb

Source: PV-Magazine 12/2016

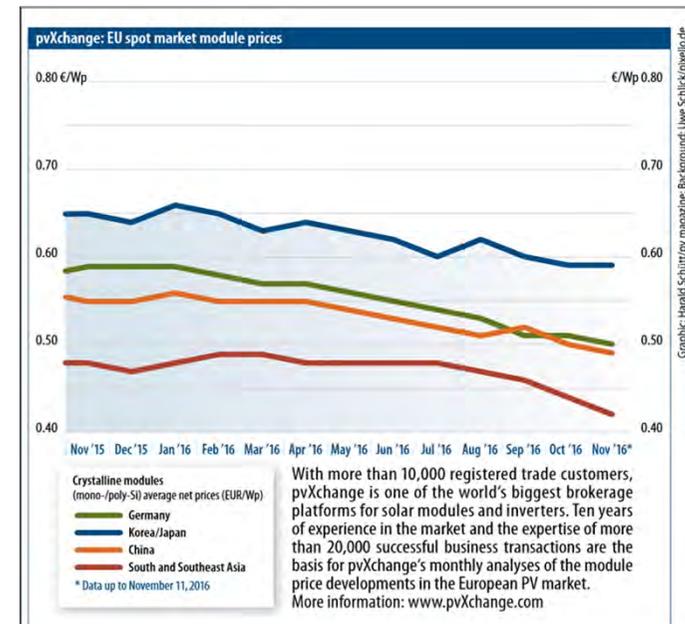
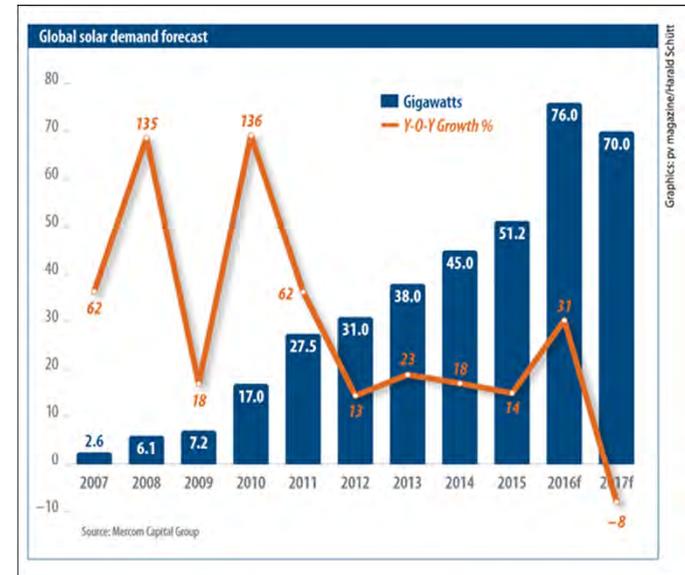


Neue Kraftwerke mit Sonne oder Windkraft liefern Strom häufig für < 5-7 Cents/kWh
Das Kernkraftwerk Hinkley Point erhält eine indexierte Vergütung von 9.2 Pence/kWh während 35 Jahren, was auf 15-20 Cents/kWh hinausläuft, dreimal mehr als Strom aus Sonne und Wind

Beispiel Photovoltaik: Marktwachstum von 2.6 auf 75 GW 2007-2016



- Preissenkungen in allen drei Teilmärkten:
 - residential, commercial, utility-size, letztere sind Preisführer (Grafik: Bsp. USA)
- Wirtschaftlichkeit situativ abhängig von
 - Einstrahlung (kWh/a)
 - saisonalem Profil (kWh/Mt.)
 - vorhandenen Speichern (zB. Wasserkraft)
 - Preisniveau Endverbraucher-Tarife (\$/kWh)

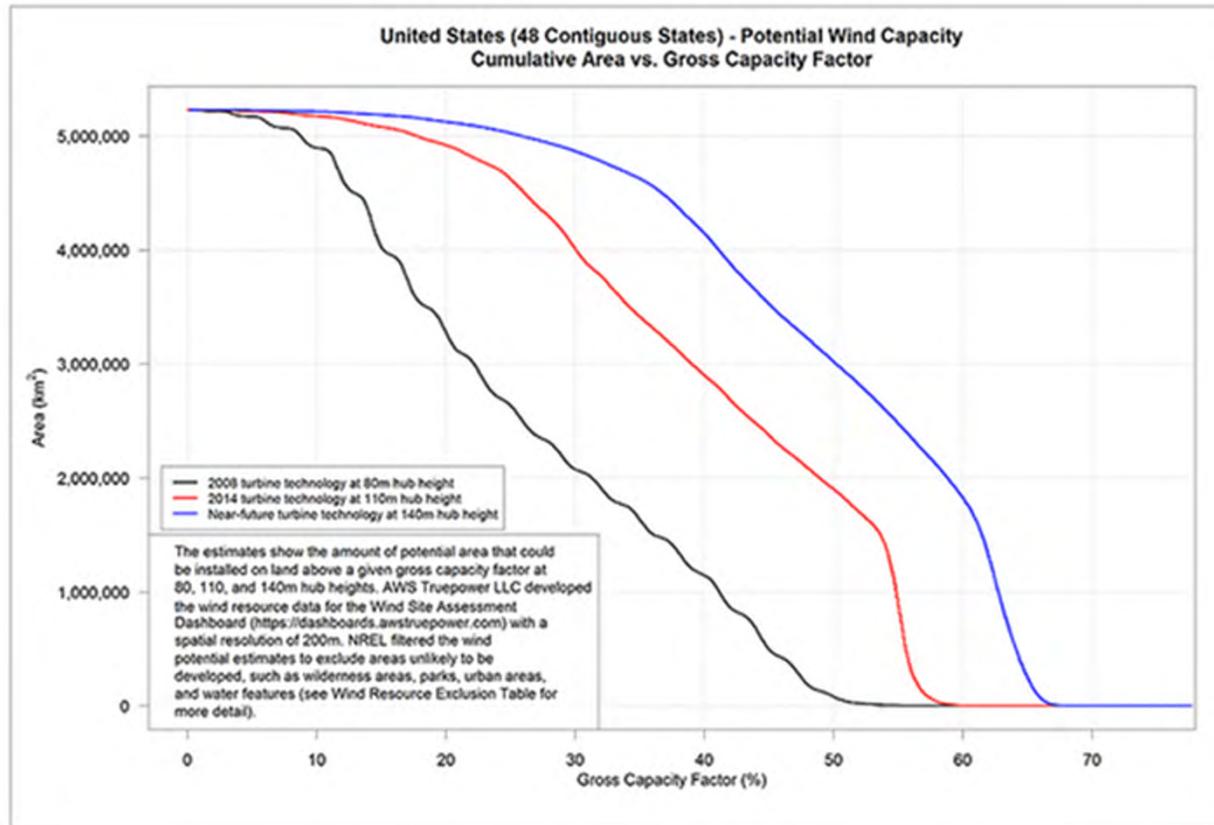


Trotz Wachstum: weiterer Preisrückgang
am Spotmarkt für Solarmodule

Innovation schafft neue Innovation

- **Starke Produktivitätsgewinne erlauben Ausdehnung der Nutzung in bisher unbekannte Märkte**
 - Grossbritannien EU-Marktführer in 2016 in PV
 - Hälfte der Bodenfläche in den USA eignet sich als hoch wirtschaftlicher Standort für Windkraft
 - Mega-Metropolen nutzen Offshore-Anlagen in unmittelbarer Nähe vor der Küste
 - Mercedes vermarktet stationäre Batterien

Erneuerbare Energien bilden eine wachsende Ressource und werden dramatisch unterschätzt



Beispiel
USA-48:

8.4 Mio km²

Davon

4 Mio. km² extrem
wirtschaftlich für
Windenergie

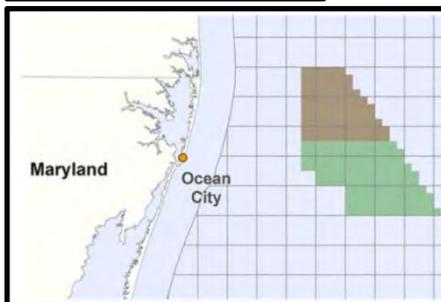
nutzbar
mit $c > 40\%$,
140 m Nabenhöhe

[2008: erst ca. 1 Mio. km² in
peripheren Lagen

Wind schlägt Erdgas: Produktivitätsverbesserung rückt Energiegewinnung aus EE näher an Bevölkerungszentren



Beispiel: Rekordpreise für Offshore- Windnutzungsrechte an US-Ostküste: Massachusetts, New York, Maryland, New Jersey



Bloomberg
NEW ENERGY FINANCE

WEEK-IN-REVIEW

New York offshore wind lease goes for twice the value of Mexico oil and gas permits in auction

Statoil won New York's inaugural offshore wind auction last week with a \$42.5m bid for a lease area of almost 80,000 acres off Jones Beach, New York, which was more than double recent prices for oil and natural gas leases in the Gulf of Mexico.

Beispiel Mercedes: *“Nutzen Sie Ihren Solarstrom, wenn die Sonne nicht scheint”*



Mercedes (Daimler Benz) baut stationäre Batterien für Haushalte
Verschmelzung von Auto-Industrie und Stromsektor

Innovation schafft neue Innovationen

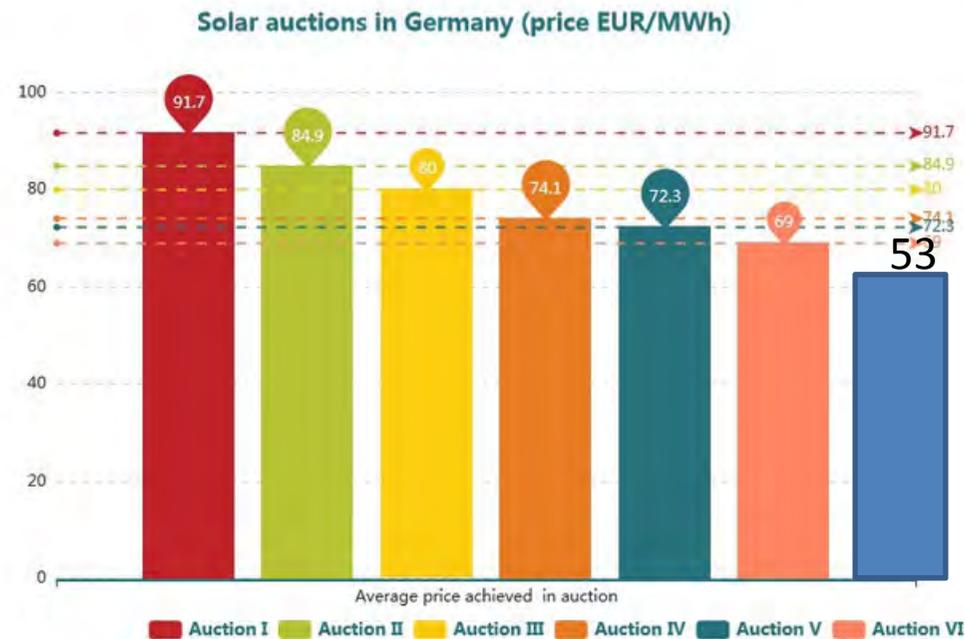
- Starke Produktivitätsgewinne erlauben Ausdehnung der Nutzungszonen über bekannte Standorte hinaus
- **Auktionen verschärfen den Wettbewerb und sorgen in einem bisher intransparenten Markt für Transparenz**
 - Starker Preisrückgang in kurzer Zeit: Beispiele Deutschland und Brasilien
 - Produktionssteigerung übertrifft die Erwartungen der Regierung

Beispiel deutsche PV-Ausschreibungen: von 9,1 auf 5,3 Cents/kWh innert 18 Monaten

Germany's 6th solar auction sees prices as low as EUR
62.6/MWh

Dec 8, 2016 16:23 CET

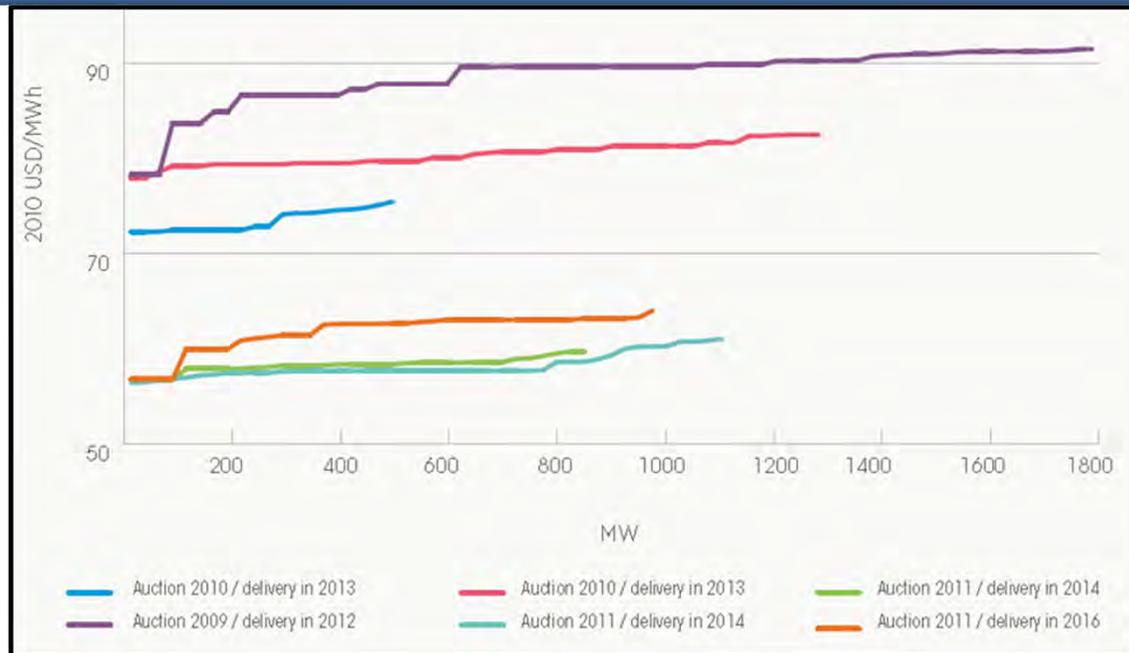
by Tsvetomira Tsanova



Neue Geschäftsmodelle für erneuerbare Energien

Beispiel Brasilien: Wiederkehrende Auktionen von Windstrommengen führt zu sehr tiefen Preisen

(unter 5 Rappen/kWh)

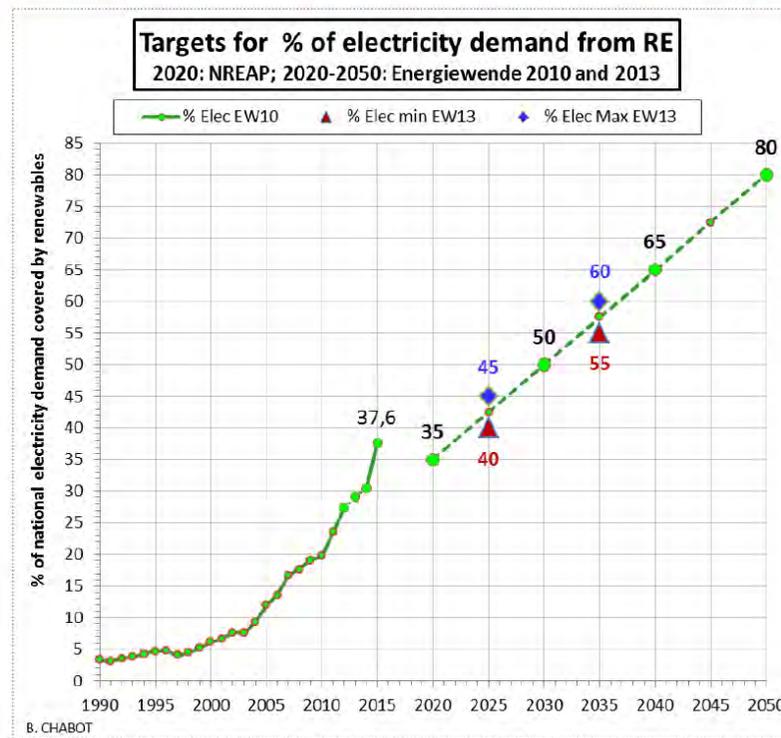


Source: IRENA

- Beginn mit einer Serie von Auktionen von 50-150 MW
- Lernkurve brachte neue Erfahrungen und tiefere Gebote
- August 2015: *“contracts were won to sell power from 538.8MW of wind farms for an average price of 181.14 reais (\$51.90) per MWh.”* (source: BNEF)

Deutscher EE-Ausbau viel schneller als geplant – disruptive Wirkung

2015 RE production was 37.6 % of electricity demand of 521 TWh (and 32.6 % of the 600 TWh of production), 5 years ahead of the target of 35 % in 2020 of the 2010 German NREAP. Wind power was 16.9 % of demand and 14.6 % of production

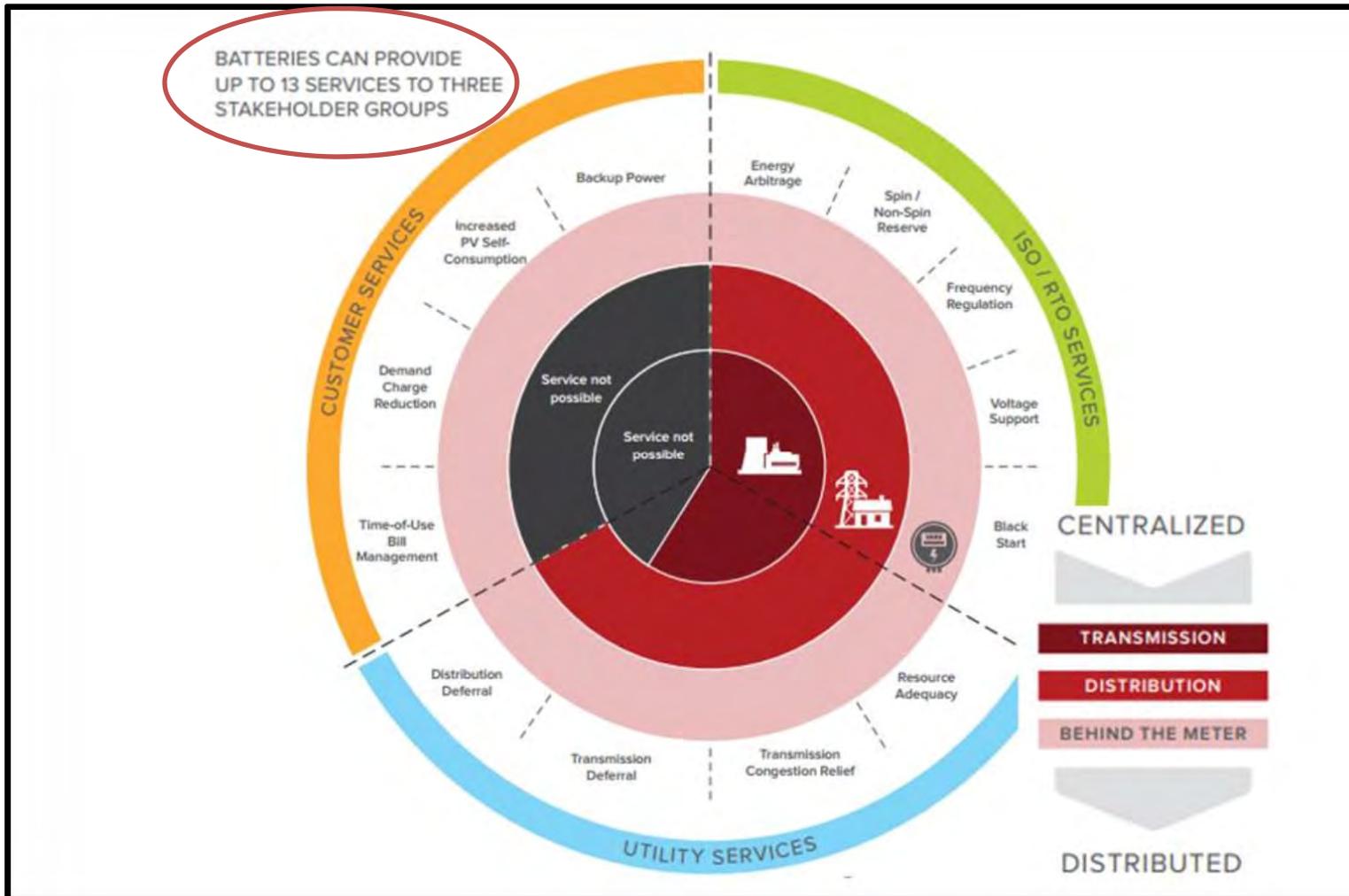


NREAP Nationale Renewable Energy Action Plan (source: Chabot)

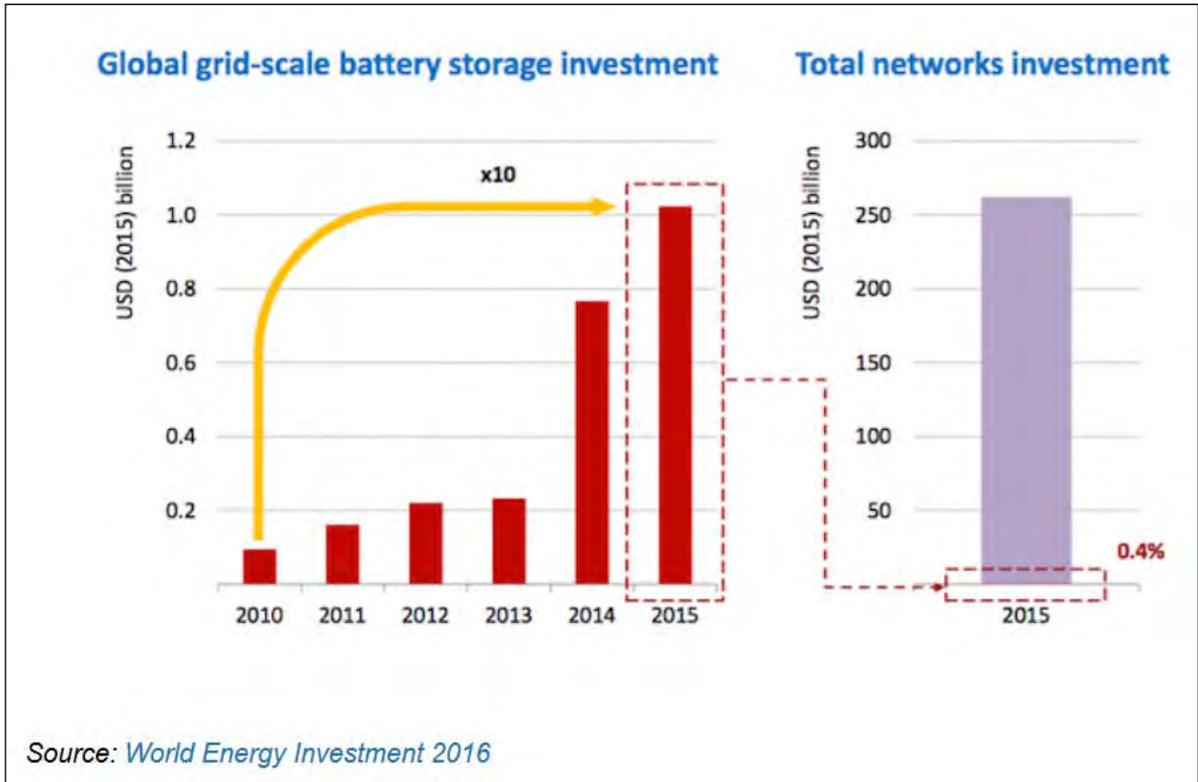
Innovation schafft neue Innovationen

- Starke Produktivitätsgewinne erlauben Ausdehnung der Nutzungszonen über bekannte Standorte hinaus
- Auktionen verschärfen den Wettbewerb und sorgen in einem bisher intransparenten Markt für maximale Transparenz
- **Neue multifunktionale Techniken kommen auf den Markt – mit durchschlagendem Erfolg**
 - Beispiel Batterien
 - Beispiel E-Mobile
 - Beispiel selbststeuernde Fahrzeuge

Direkter Nutzen und geldwerter Zusatznutzen von Batterien



Entwicklung Batterie-Verkäufe an Netzbetreiber

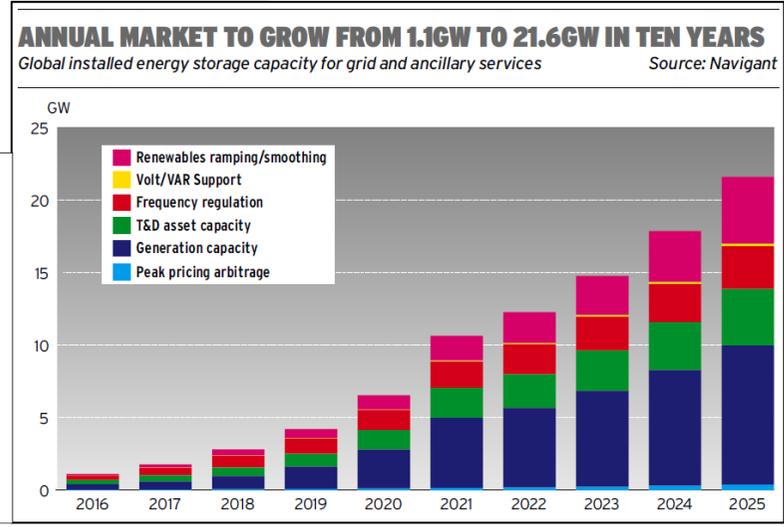


2010-2015

2016-2025 (Prognose)

<http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/09/global-renewable-energy-investments-edged-up-slightly-in-2015.html>

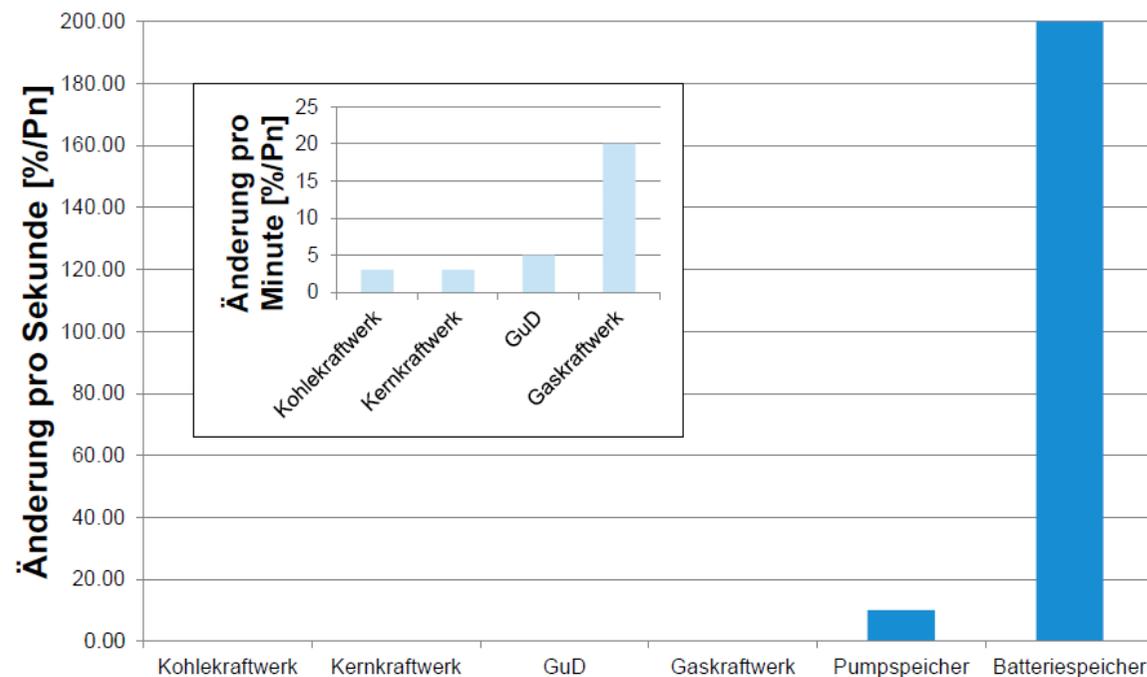
Navigant Prognose:
2000% Wachstum der verkauften Batterieleistung an Netzbetreiber
 (Windpower Monthly 12/2016)



Entdeckung neuer Zusatznutzen von Batterien: kurze ramp-up Zeit

Leistungsänderung - kurzfristige Flexibilität

Rampenfähigkeit: $\Delta 2$ MW in 40 ms, 50 MW/s



Folge des billigen EE-Ausbaus: enormer Schub für Speicherforschung

Optionen für Energiespeicher

Batterie-Systeme
Wirkungsgrad: $\eta \approx 85\%$

2MVA ALTI ESS Configuration



Central for housing
700 x 1000 x 1000

Druckluftspeicher (CAES)
 $\eta \approx 40-50\%$ (ohne Wärmespeicher)
 $\eta \approx 65-75\%$ (mit Wärmespeicher)



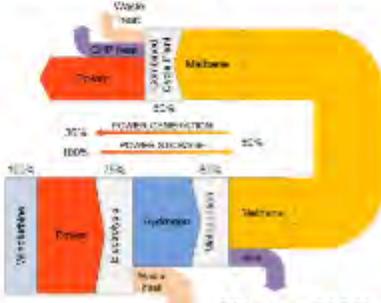
bine Info

Energiespeicher **Pumpspeicherung**
Wirkungsgrad: $\eta \approx 80-85\%$



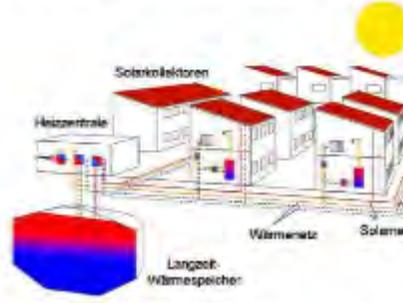
Emosson (Nant de Drance)

Synthesierung Wasserstoff (H₂) / Methan (CH₄)
 $\eta \approx 30-40\%$ (Strom – H₂ – CH₄ – Strom)



[Sterner 2009]

Tages/Saison-Wärmespeicher
Wirkungsgrad (η) nutzungsabhängig



Heizzentrale
Solarkollektoren
Wärmespeicher
Sonnensatz
Langzeit-Wärmespeicher

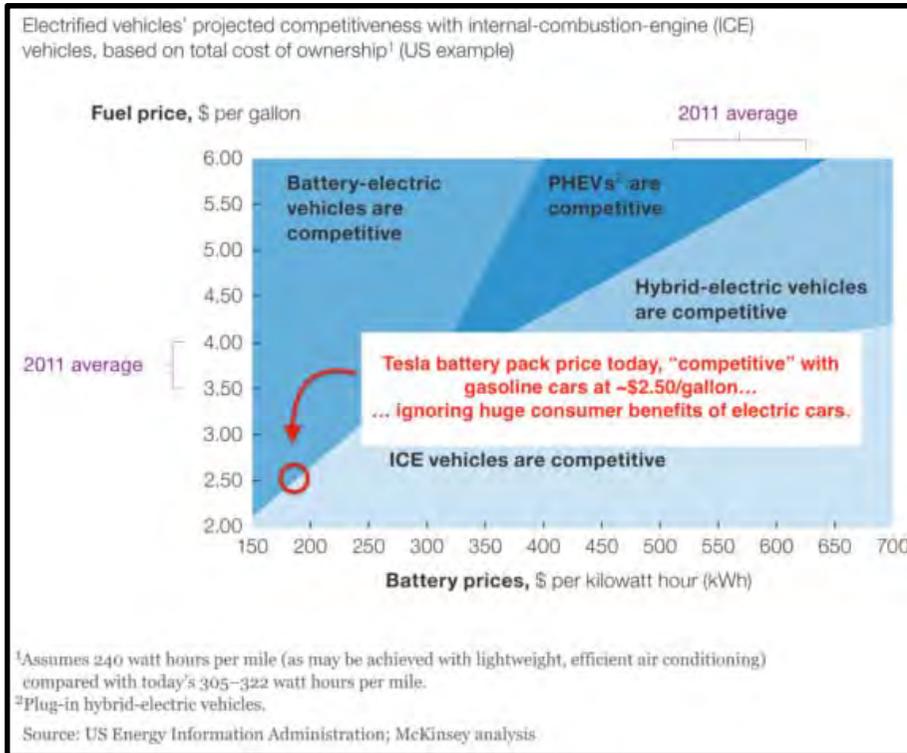
Kurzzeit-Speicher

Langzeit-Speicher

eeh power systems laboratory | Andreas Ulbig – Power System Laboratory – ETH Zürich | 18.05.2015

Quelle: Andreas Ulbig , ETH Zürich: Energiespeicher und deren Rolle in der Schweiz
http://www.webmail.reatch.ch/sites/default/files/Energiespeicher_und_Netze_f%C3%BCr_die_Energiestrategie_2050_ETH-PSL_Ulbig_REATCH_Workshop.pdf

Der Tesla 3 kommt 2017: 35000 \$ statt 100'000 \$ Tesla-Batterien für «under 190\$/kWh»

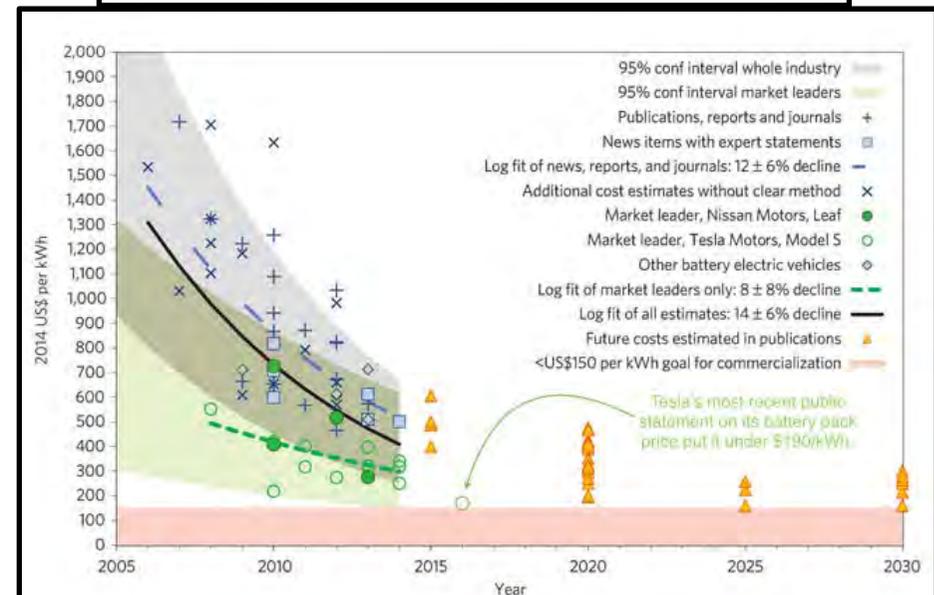


Sources:

<https://cleantechnica.com/2016/08/29/tesla-battery-improvements-tesla-model-3-randy-carlson-dives>

<http://reneweconomy.com.au/tesla-model-3-delivers-gas-vehicles-history-auto-executives-admit-58256/>

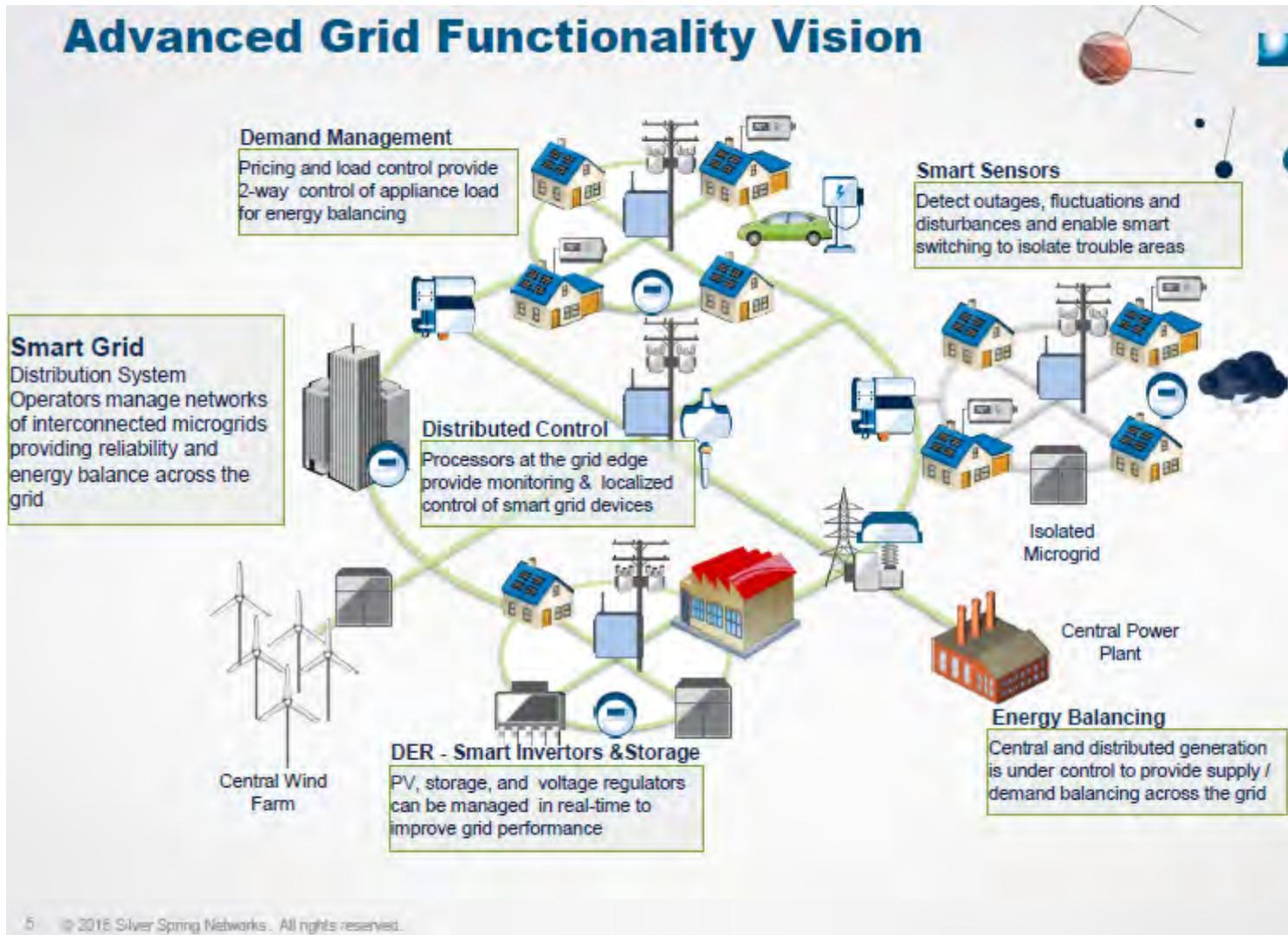
<http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n4/full/nclimate2564.html>



Institutionelle Etappen beim Umstieg auf Sonne+Wind als hauptsächliche Quellen der Energieversorgung

Marktstatus	Haupt-Akteure	typische Regulierung	Beispiel PV	Markt Volumen	Preis/ kWh	Marktanteil	Jahr (ca.)	wer bezahlt?
Grundlagenforschung	Staat	Forschungsbudget	Bell laboratories (USA)	1 kWh/a	CHF 50.-	0	1954	Subvention aus Staatsbudget
Pionier	Individuen/kleine Teams	steuerliche Anreize	1000-Dächer-Programm	1 MWh/a	CHF 5.--	0	1990-1995	Subventionen/ Steuerpolitik
Take-off	Venture Capital	steuerliche Anreize/Marktanreize	100'000-Dächer-Programm	1 GWh/a	CHF 0.50	0	1995-2004	Staatshaushalt/Konjunkturprogramme
Accelerated penetration	Gewerbe/Industrie/Versicherungen/engagierte Haushalte	garantierte Gewinnmargen	Einspeisevergütungen	1 TWh/a	CHF 0.25	0.1%	2004-2010	Stromkonsumenten (Verursacher) via reguliertem Netzzuschlag
Grid parity/Market influencing	Investmentfonds und Investoren aller Art	marktorientierte garantierte Gewinnmargen	Einspeiseprämien	100 TWh	CHF 0.20	0.5%	2011-2015	dito
Crash der alten Geschäftsmodelle	Netzbetreiber steigen um oder gehen unter	Wettbewerb/ Ausschreibungen Markt & befristete Anreize	Stromgrosshandel: Ausschreibungen dezentraler Eigenverbrauch: Einmalvergütung	1000 TWh	CHF 0.15	5.0%	2016-2018	dito
Power Market re-design	alte Geschäftsmodelle verschwinden	offener Markt mit Backup	strategische Reservehaltung/ Batterien als quid pro quo	2000 TWh	CHF 0.10	10%	2018-2020	Verursacher (neues Marktmodell)
Additional-value-proposals	Sektor-Kopplung: Batterien backup, Heizen mit Strom, Fahren mit Strom	selbsttragende Business-to-business-Modelle, Backup als integriertes Geschäftsmodell	Netzbetreiber als System-Integrator und "lender of the last resort"	5000 TWh	CHF 0.05	25%	2020-2025	Konsumenten (neue Markt-Regeln)

Open access/smart grids/internet of things: automatisierte Steuerung Erzeugung/Speicherung/Verbrauch



Übersicht

1. **struktureller Pessimismus**
2. **Weshalb beschleunigt sich die Transformation der Energieversorgung?**
3. **Klare Indizien: Beispiele**
4. **Peak Oil and Peak Demand zu Ende gedacht**
5. **Verbleibende Konfliktfelder**

So sähe struktureller Optimismus aus: Trend zu Markträumung (100%) durch Erneuerbare

Weshalb räumen Erneuerbare den Markt (=100% der Neuinstallationen ab 2020)?

1. Erneuerbare Energien wirken als «Preisdeckel»

- Konventionelle Energien werden global unrentabel
- Preisdeckel durch die Erneuerbaren liegt so tief (2-7 Cents/kWh), dass konventionelle Energien ihre Ressourcenbasis nicht mehr erneuern können.

2. Ausbleibende Gewinne schwächen Einfluss der Lobbies (fossil/nuklear)

- Pariser Abkommen ist Wegbereiter für eine Verteuerung von CO₂
- Nichterneuerbare werden zum technologischen Auslaufmodell
- massenhafte Konkurse in der herkömmlichen Energiewirtschaft sind zu erwarten.

3. Erneuerbare erfüllen systemrelevante Funktionen dank Innovation

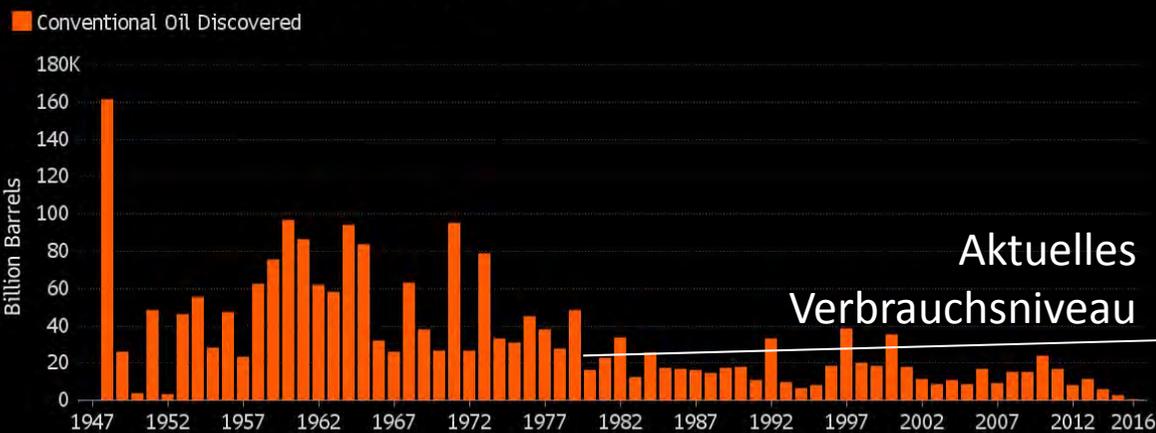
- Neue, sekundäre Strommärkte lösen das Problem der witterungsbedingten Fluktuation
- Neue Geschäftsmodelle (business-to-business) steigern Diversität der Vermarktung
- Infrastrukturausbau beseitigt Netzengpässe, Speicherlücken, erhöht Netzstabilität
- Elektrofahrzeuge und Schnell-Ladestationen revolutionieren die Mobilität
- Wärmepumpen und Wärmespeicher werden attraktiv und erleichtern Netzoptimierung

- Beispiele (nachfolgend)

Trotz rekord-hohen Budgets: Funde an konventionellem Öl decken den Jahresverbrauch nicht länger (Verbrauch liegt bei rund 30 Gb)

Oil Discoveries Lowest Since 1947

Explorers slash spending after price collapse



Source: Wood Mackenzie

Note: 2016 figure covers exploration results to August. Discoveries amounted to just 230 million barrels in 1947 but ballooned the following year with the Ghawar find in Saudi Arabia, still the world's biggest field.

Drilling to the Bottom

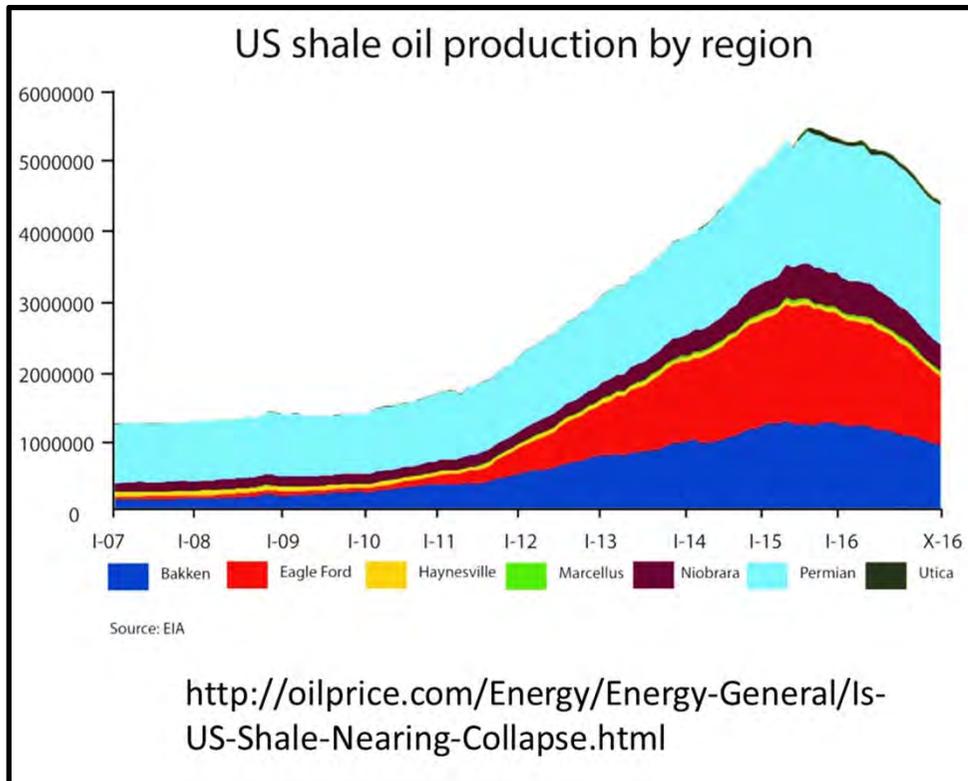
Oil explorers have drilled little more than 200 wells this year as they slash spending



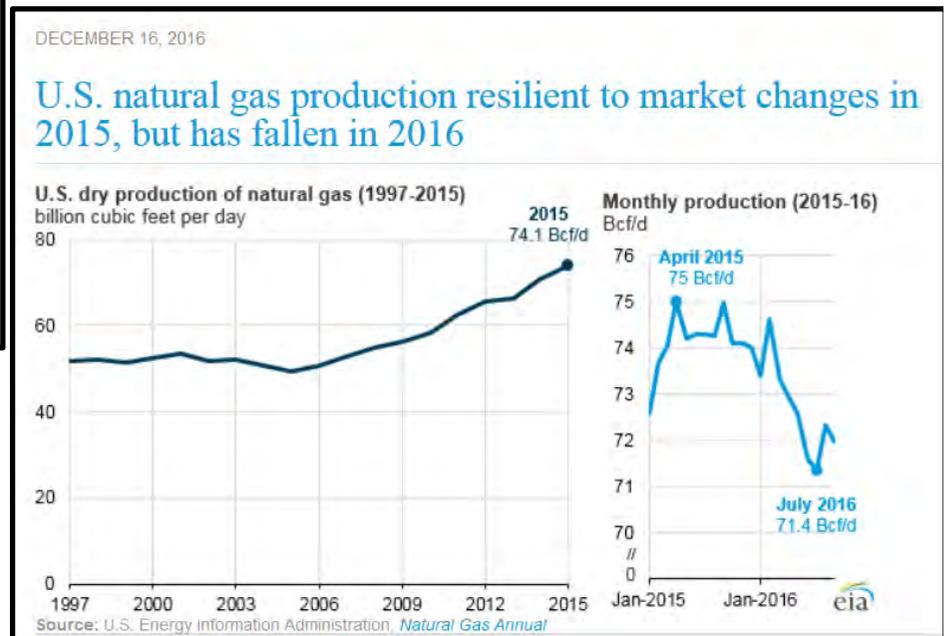
Preiserfall führt zum Einbruch der Explorations-Aktivitäten ab 2008

Source: Wood Mackenzie
Note: 2016 figure is to August

Empirisch lässt sich zeigen: Schiefergas und Schieferöl 2016: mässiger Preis (<60\$/Fass) = rückläufige Förderung



<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=29192>



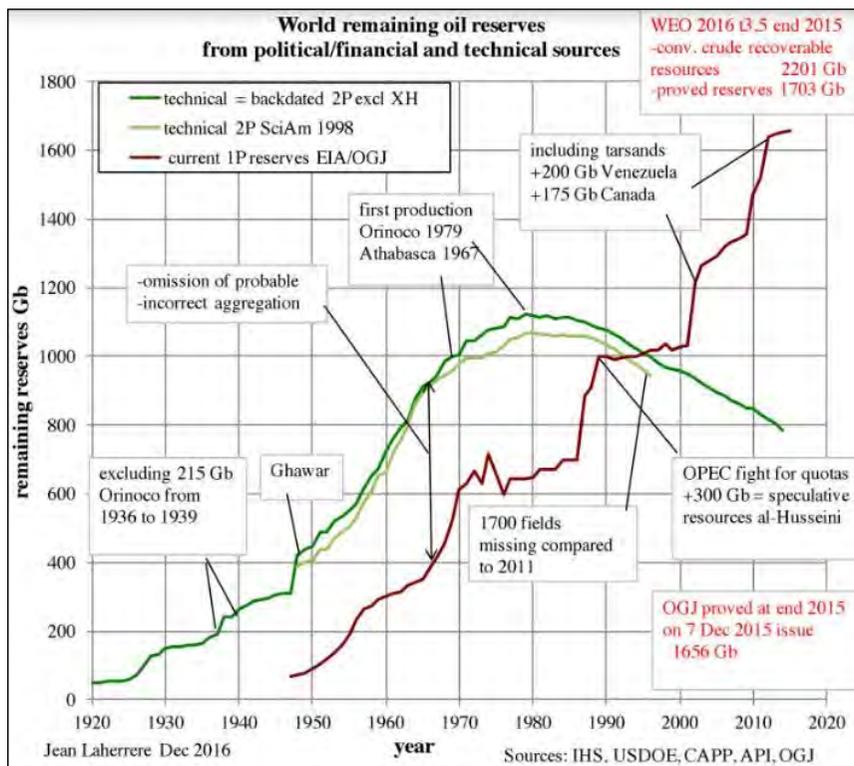
Empirisch waren die Phasen mit teurem Öl (>60\$/b) von kurzer Dauer



Wenn die Konsumenten eine valable Alternative haben, steigen sie bei teurem Öl auf nicht-fossile Alternativen um:
Elektro-Mobile, Wärmepumpen, Ökostrom statt Erdgas für Prozesswärme

Durch Preisdeckel (=Entwertung der teuren Ölvorkommen)
gehen die Reserven zurück:
Öl nur noch für 20 Jahre zu heutigen Preisen

<http://peakoilbarrel.com/jean-laherrere-on-proven-reserves>



Grüne Kurve von Jean Laherrère spiegelt die Verfügbarkeit (Reserven) von konventionellem (billigem) Öl. "Proved OPEC reserves are plain political shows, without any connection with reality."

Weshalb sollten die Leute mehr für Öl bezahlen, wenn man billiger mit sauberem Strom fahren kann?

Resultat der Vollversorgung mit erneuerbare Energien:
Die teuren Öl/Gas/Kohle-Vorkommen bleiben unter der Erde.

Das von IEA und EU propagierte verflüssigte Erdgas(LNG) ist mit Strom aus Sonne+Wind nicht mehr wettbewerbsfähig

Meanwhile, the global price of LNG is in the gutter. Landed prices in Asia are now less than \$8 per mmbtu and, in Europe, are less than \$7 per mmbtu (Figure 6).



Figure 6. World LNG estimated June 2015 landed prices. Source: FERC.

A Reality Check For U.S. Natural Gas Ambitions By Arthur Berman

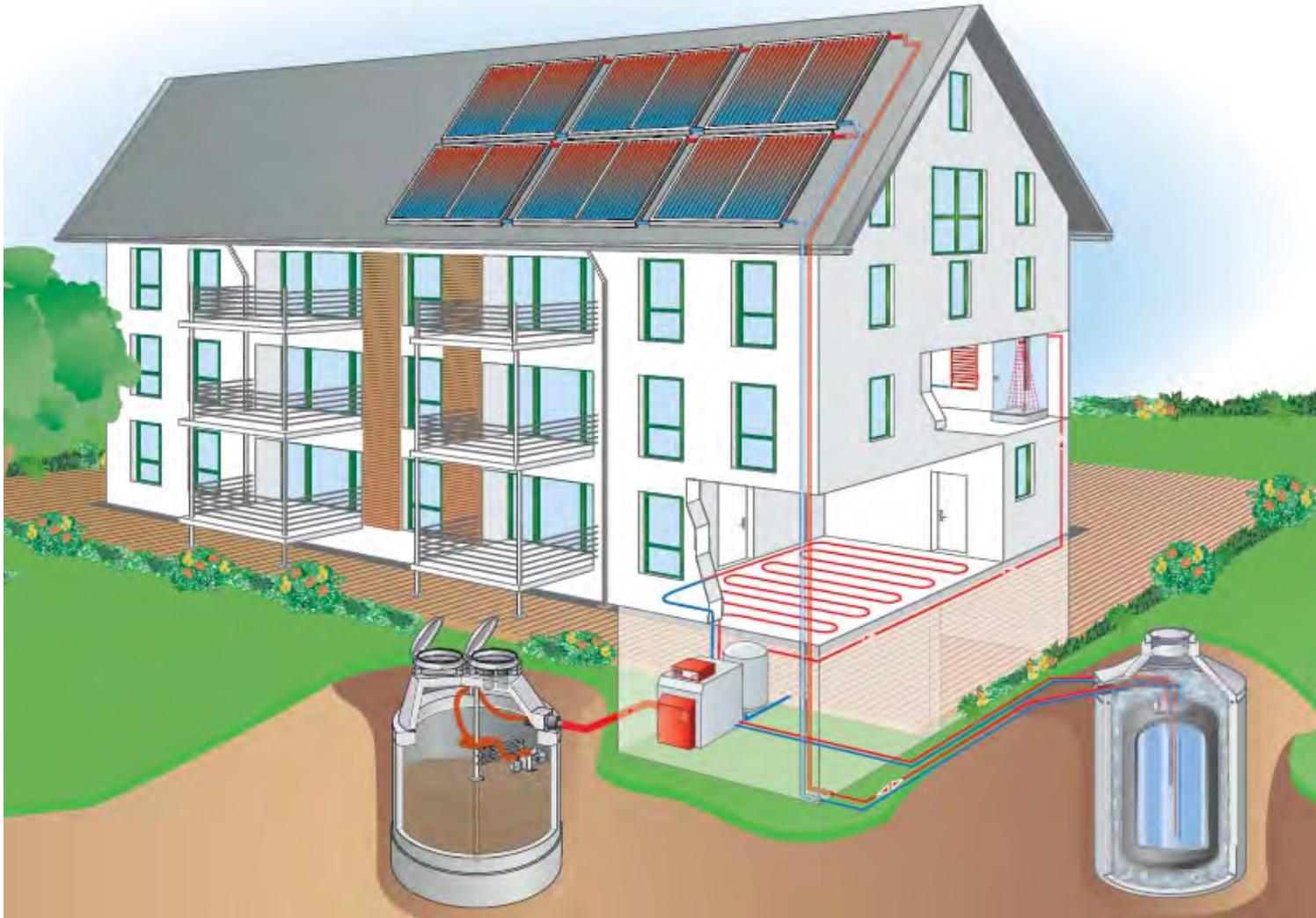
<http://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/A-Reality-Check-For-US-Natural-Gas-Ambitions.html>

7.00	\$/MMBTU Preis Flüssiggas (LNG) (nur knapp kostendeckend)
293	kWh/MMBTU
0.024	\$/kWh Preis Flüssiggas (LNG) Europa (2015)
0.500	Wirkungsgrad Gasturbinen (Mittelwert)
0.048	Brennstoffkosten \$/kWh Strom aus Gasturbinen
0.01	Kraftwerkskosten \$/ kWh Strom aus Erdgas
0.058	Gestehungskosten pro kWh
0.005	Gewinnmarge
0.063	Vollkosten Strom aus Erdgas \$/kWh

Was bedeutet die Markteroberung durch erneuerbare Energien?

- Die Integration findet auf verschiedenen Ebenen des Marktes statt:
 - Erzeuger/ Netzbetreiber/Endkunden
- Reservehaltung, Speicherung , Überschuss-Verwendung
 - werden vermehrt kundenseitig gelöst.
- Die Transformation erfolgt in mehreren Schüben
 - Unterschiedliche Transformations-Zyklen für
 - Strom
 - Niedertemperatur-Wärme
 - Hochtemperatur-Prozesse
 - Bodenverkehr
 - Luftverkehr

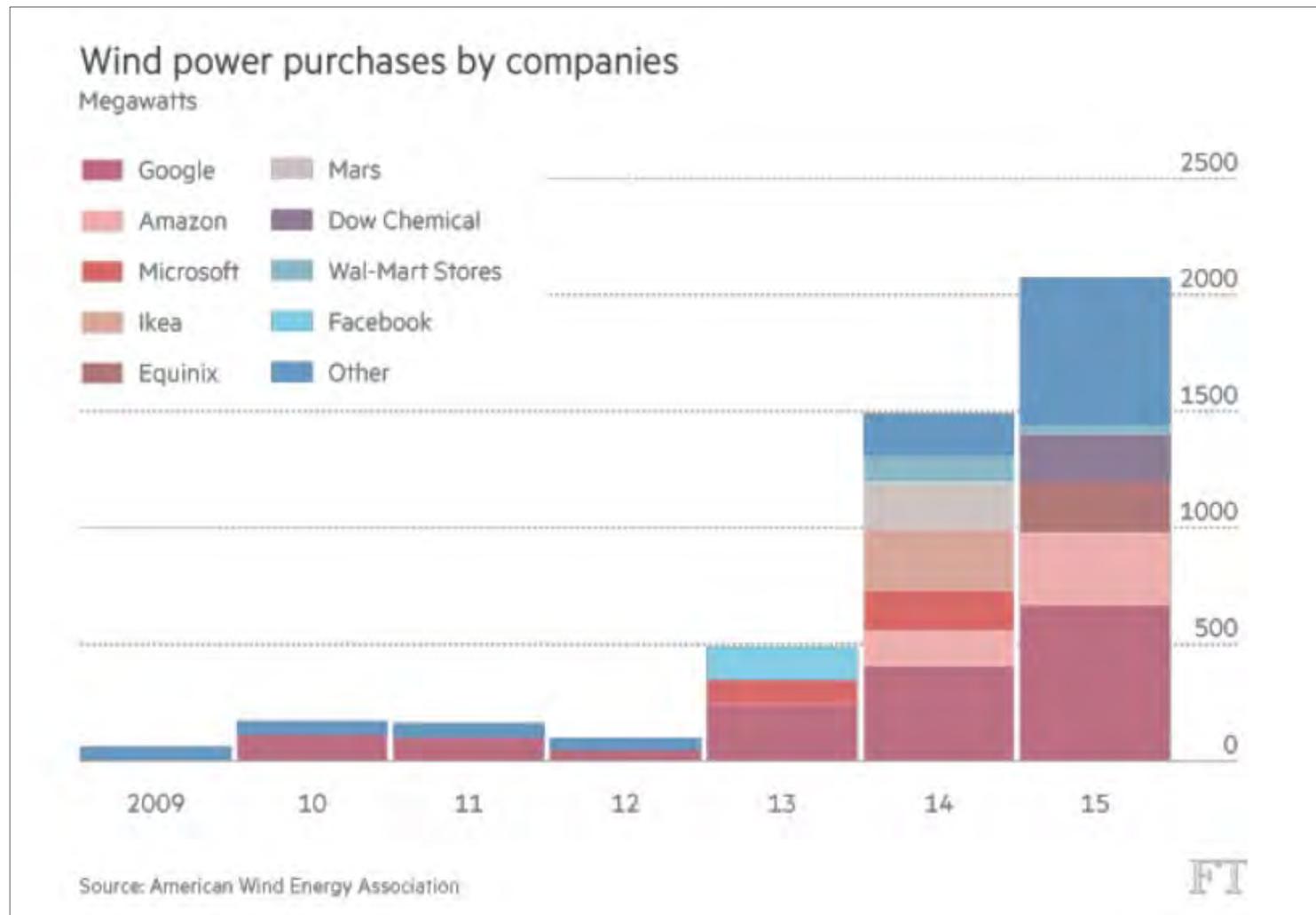
Verbreitung von Pufferspeichern für Solarthermie oder Wärmepumpen statt Öltanks



Schliessung alter AKWs beschleunigt Ausbau der Stromtrassen Nord-Süd



Neue Marktmodelle: B2B-Verträge Windkraft für Grossfirmen in MW



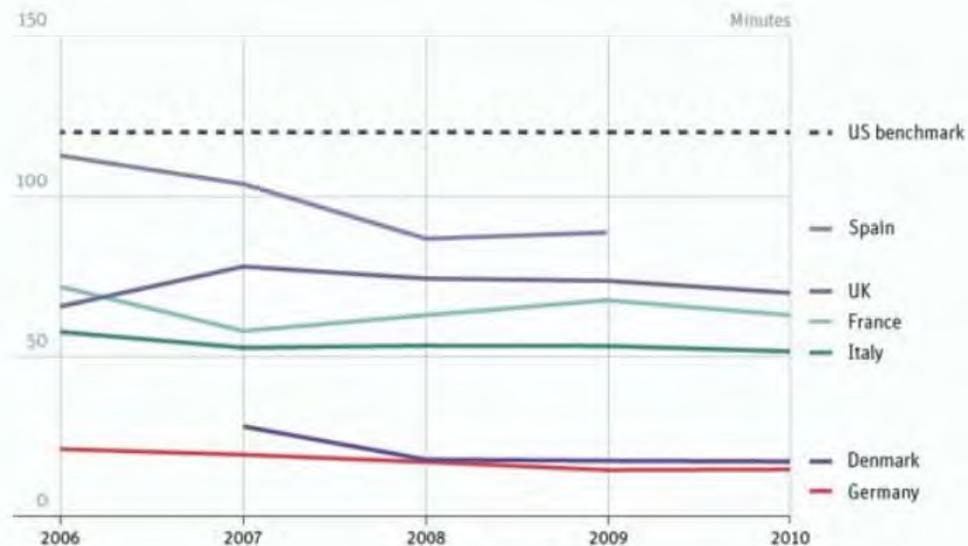
Starke Zunahme der business-to-business-Verkäufe von Elektrizität in USA

Einer der wichtigsten Zusatznutzen der «neuen Energie-Welt» ist die erhöhte Versorgungssicherheit

Grid reliability and renewable growth seem to go hand in hand

Minutes of power outages per year (excl. exceptional events), based on Saidi

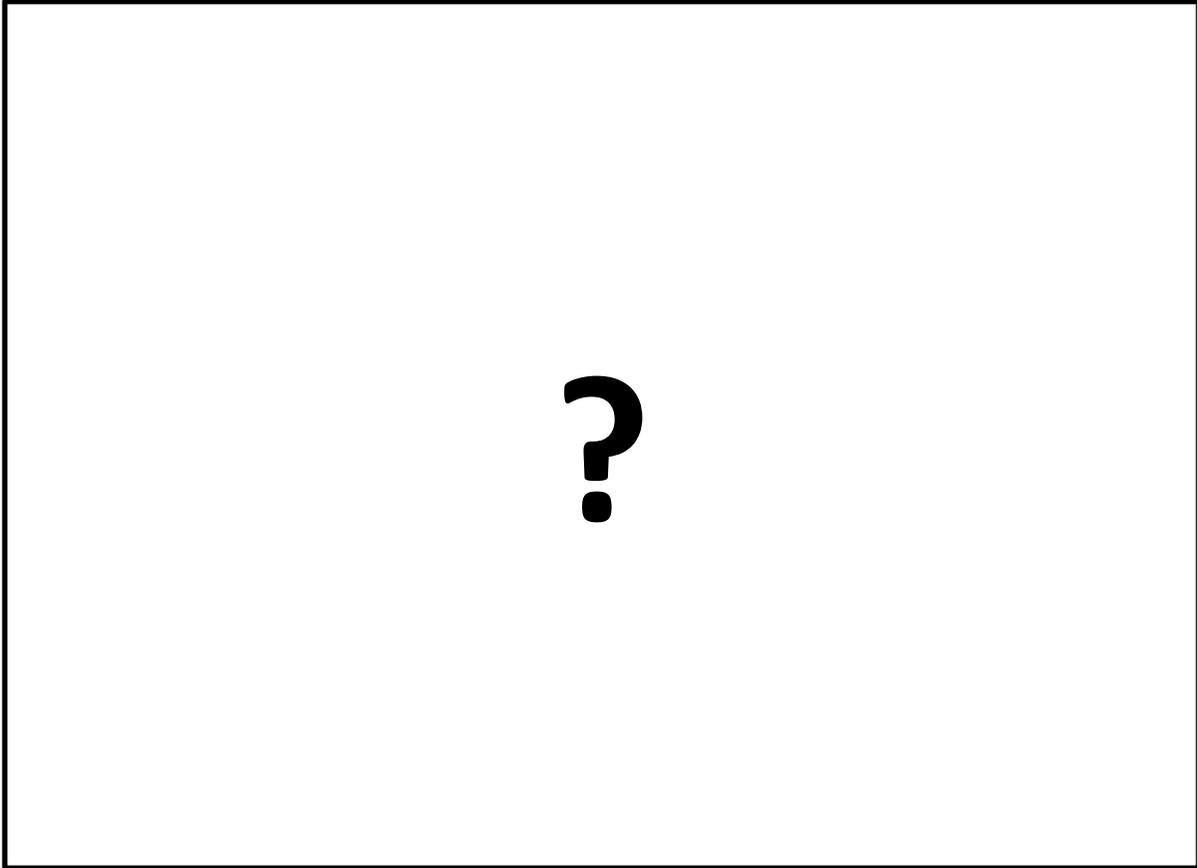
Source: CEER and own calculations



Versorgungssicherheit verbessert sich im weiten Sinn:

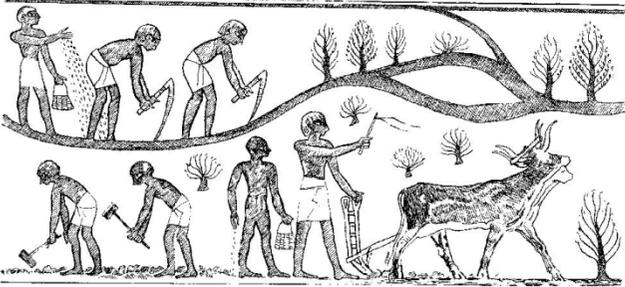
- Weniger Stromausfälle
- Dauerhafte Nutzung der Infrastrukturen
- Unerschöpfliche Ressourcenbasis
- Keine Atomunfälle
- Keine Öl-Tanker-Unfälle
- Keine Kriege mehr um Öl oder Erdgas
- Transporte via Netze statt Schiffe, Pipelines usw.

Aber: welche Lebensweise entsteht auf Basis einer erneuerbaren Vollversorgung?



?

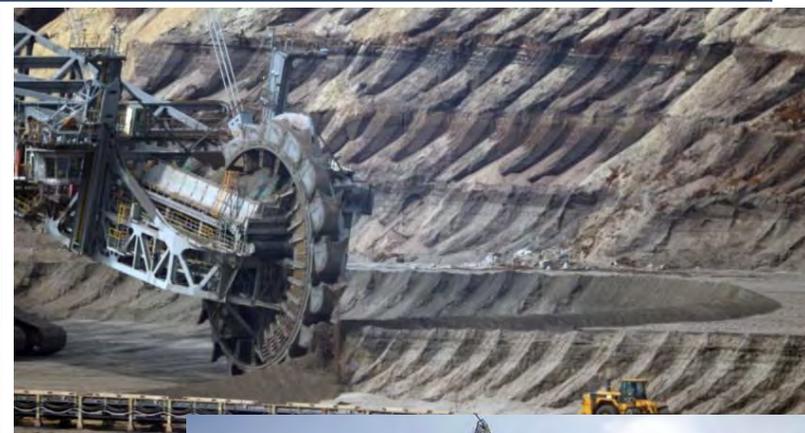
Vor-industrielle Energiegewinnung definierte die Lebensweise



FARS Photo - Fbrahim Namazi

FARS NEWS AGENCY

Industrielle Revolution delegierte die extraktive Energiegewinnung an Big Business



Wie lebt der Mensch im erneuerbaren Age of Plenty?



Energie-Reichtum bleibt eine gesellschaftliche Herausforderung
Probleme vergleichbar mit (zu grosser) Nahrungsmittelaufnahme

Übersicht

- 1. struktureller Pessimismus**
- 2. Weshalb beschleunigt sich die Transformation der Energieversorgung?**
- 3. Klare Indizien: Beispiele**
- 4. Peak Oil and Peak Demand zu Ende gedacht**
- 5. Verbleibende Konfliktfelder**

Wodurch wird Transformation gefährdet?

- Starke Triebkräfte beschleunigen den Wandel, aber Risiken bestehen weiter:
 - Staatshilfe für herkömmliche Industrien (Öl, Atom usw.)
 - Fehlender Wettbewerb
 - Fehlende Planung und Infrastruktur
 - Straflosigkeit und fehlende Haftung für Kosten zulasten Dritter
 - Desinformation privater + öffentlicher Think Tanks

Wie kommt es zu einem Strukturwandel der Energiewirtschaft?

Drei Komponenten sind massgeblich

- **Probleme mit herkömmlichen Energieträgern**
 - Erosion und Überflutungen durch Wald-Übernutzung im 19. Jhdt.
 - Erdölverknappung 2004-2014 mit Preisanstieg um 500%
 - Unfälle/Kosten: zB. Fukushima, Tschernobyl
- **Bereitschaft zu Reformen und Innovation**
 - Schäden rechtfertigen Vermeidungskosten
 - Forschung, Entwicklung, Markteinführung neuer Techniken
 - Förderung & Internalisierung externe Kosten (Verursacherprinzip)
- **Leistungsfähige, erschwingliche neue Lösungen**
 - Hohe Effizienz, abhängig von Wettbewerb, Preisanreizen und angemessener Regulierung
 - Kostensenkung dank Massenproduktion, Erschliessung von neuen Ressourcen/Regionen mit topografisch hoher Performance

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (1)

Staatshilfen für fossile und nukleare Energieketten (Beschaffung-Transport-Entsorgung)

- Beispiel: EU-Kommission subventioniert in stark marktverzerrendem Ausmass Gas-Pipelines, Kernforschung usw.
- USA finanziert Öl- und Gasbohrungen, Pipelines via Steuerabzüge
- Schweiz, Frankreich, UK, Ohio, Ontario, New York subventionieren alte und neue Kernkraftwerke durch Festhalten an Monopolen und mit staatlichen Beihilfen

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (2)

Fehlende Marktöffnung, regulierungsbedingte Blockaden

- Fortbestand der Strom-Monopole und fehlender Wettbewerb
 - Bsp. Schweiz (< 100 MWh),
 - Viele US-Bundesstaaten, Canada, viele Schwellenländer
- Durchleitungsprivilegien für alte Technologien, blockierte Erneuerbare
 - Schweiz: Pumpspeicherwerke, aber nicht Batterien von Netzgebühren befreit
 - Schweiz: Stromnetze nach Frankreich reserviert für Atomstrom
 - EU: geplante Abschaffung des erneuerbaren-Energien-Vorrangs im Netz
- Fehlende Märkte
 - Stromhandel im Minuten-Takt könnte Bilanzgruppen mit viel Strom aus erneuerbaren Energien finanziell entlasten
 - Fehlende Öffnung und fehlende Regulierung des Stromhandels (B2B)
 - Fehlende marktoffene Bewirtschaftung von Speichern als Systemreserve

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (3)

Blockierte Infrastrukturen und verspätete Planung

- Im Stromnetz müssen Angebot und Nachfrage stets ausgeglichen sein.
- Planung von Netzen und neuen Märkten kann viel Geld sparen und Erneuerbare de-blockieren.
- **Aktuelle Blockaden:**
 - Fehlender Netzausbau national, international
 - Blockierte Vermarktungsmöglichkeiten
 - Bestehende Systemreserven (zB: Pumpspeicher in CH und Norwegen) werden mangels Leitungen und mangelndem Rückbau von Atom und Kohle nicht genutzt
 - Batterien bezahlen Netzgebühren, Pumpspeicher nicht.
 - Unbefristeter Weiterbetrieb der Kern- und Kohle-Kraftwerke schafft planerisches Vakuum für Erneuerungsinvestitionen

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (4)

Straflosigkeit bei externen Kosten: Gesundheits- und Vermögensschäden, Klimakatastrophen

- Fehlender CO₂-Preis, fehlende Internalisierung externer Kosten
- Fehlende Haftung bei Unfällen:
 - zB. Kernenergie: Tschernobyl, Fukushima
 - Öltanker-Unfälle, Verschmutzung der Förderzonen
- Fehlende Wiedergutmachung von Vermögensverlusten
 - Atomunfälle
 - Grossflächige Vernichtung von Küstenregionen durch Hurrikane und Anstieg des Meeresspiegels

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (5)

Desinformation durch private und staatlich finanzierte Think Tanks

- Konsistent falsche Prognosen über Kostensenkungen und Potenziale der Erneuerbaren zB. IEA, EIA, IAEA
- fehlende kritische Reflexion der Klimafolgen
- Unabhängige Presse (4. Gewalt im Staat) in wirtschaftlicher Bedrängnis
 - Struktureller Pessimismus bei erneuerbaren Energien, Speichertechniken
 - Unterschätzung der Folgewirkungen von Klimagasen, zB. Tempo des Meeresanstiegs
- Folge: Ständige «Überraschung» an den Märkten, wenn sich Erneuerbare ganz breit durchsetzen und konventionelle Energien unterbieten.

Wodurch wird die Transformation hin zu erneuerbaren Energien gefährdet? (6)

Fehlende Steuerung durch flexible Tarife und Abgaben

- Fehlende real-time-Tarife (Börsenpreise) für Endverbraucher
 - Ungenügende Steuerung der Verbräuche
 - Nicht ausgeschöpfte Flexibilitäten
- Dysfunktionaler CO₂-Emissionshandel
 - CO₂-Kontingente nicht abgestimmt auf Ausbau der erneuerbaren Energien
 - Es bräuchte einen minimalen «floor-price» für CO₂
- Präkarisierung der Stromerzeuger in der Schweiz durch energy-only-Entschädigungen
 - Fehlende Remuneration der Beiträge an die Versorgungssicherheit
 - Privilegien für Altindustrien (zB. volle Kostendeckung für Kraftwerke in Hand der Netzbetreiber, aber nicht für Einspeisungen von Ökostrom Privater)
- Fehlende Restlaufzeiten für obsolete Kohle- und Kernkraftwerke
 - Verstärkung von Unsicherheiten
 - erhöhte Risiken für Mensch und Umwelt
 - Ausba verzögerung bei den Erneuerbaren (akzentuiert in der Schweiz)

Weshalb setzen sich die erneuerbaren Energien früher oder später durch?

Fundamentale Eigenschaften stützen den Erfolg der erneuerbaren Energien

- Steigende Produktivität, sinkende Kosten
- Sinkende Produktivität, Erschöpfung und unerwünschte Nebenwirkungen der Nichterneuerbaren
- Kostensicherheit dank kostenloser Primärenergie
 - Wind, Sonne, Wasser bleiben gratis
- De-Monopolisierung bringt vielen Gewinn: Konsumenten, Unternehmen, Staaten
- Erfüllung internationaler Vereinbarungen

Backup

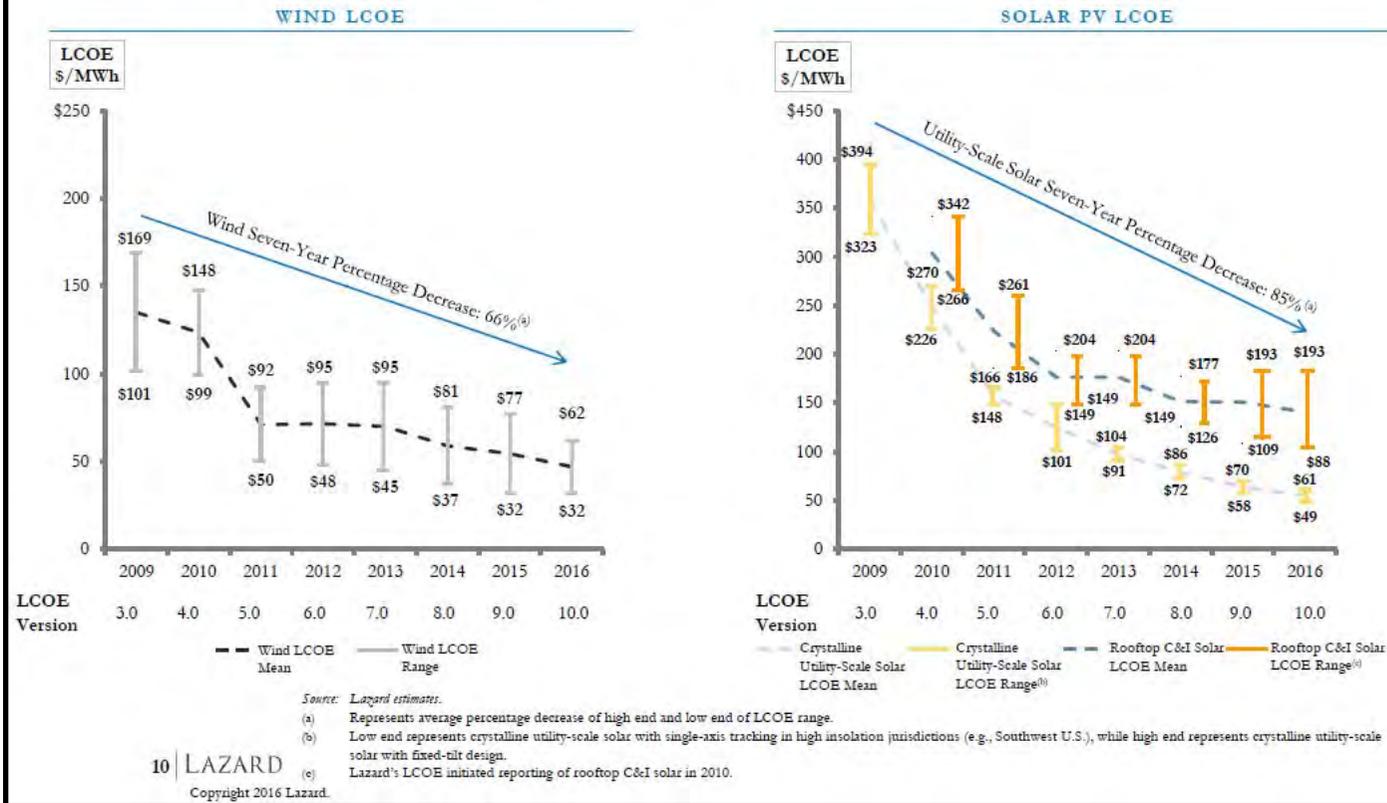
Aktuelle Kosten Stromerzeugung

Lazard's levelized cost of energy analysis 10.0 (2016)

<https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>

Unsubsidized Levelized Cost of Energy—Wind/Solar PV (Historical)

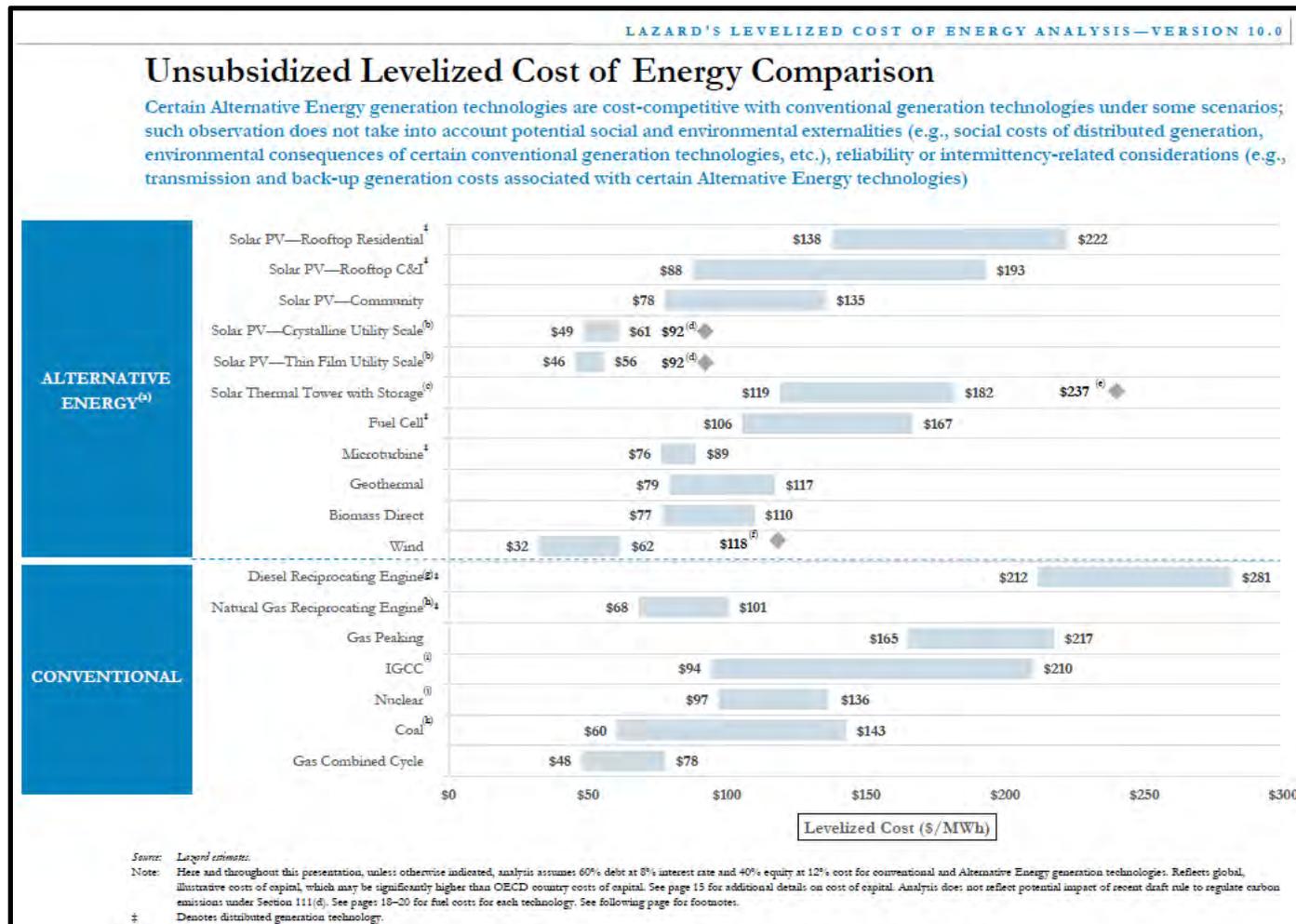
Over the last seven years, wind and solar PV have become increasingly cost-competitive with conventional generation technologies, on an unsubsidized basis, in light of material declines in the pricing of system components (e.g., panels, inverters, racking, turbines, etc.), and dramatic improvements in efficiency, among other factors



Aktuelle Kosten Stromerzeugung

Lazard's levelized cost of energy analysis 10.0 (2016)

<https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>



Aktuelle Kosten Stromerzeugung

Lazard's levelized cost of energy analysis 10.0 (2016)

<https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>

