

Nachhaltige Energiepolitik

Rogall
2016

I. Grundlagen

II. Strategiepfade

3. Effizienzstrategie

4. Erneuerbare Energien

→ Sonne u. Wind tragen die Hauptlast,
die nicht steuerbar sind

→ **5. Notwendige Infrastruktur**

→ **6. Bewertung**

I. Direkte Akteure

II. Indirekte Akteure

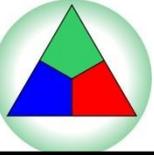


Hochschule für
Wirtschaft und Recht Berlin
Berlin School of Economics and Law

Prof. Dr. Holger Rogall



Stand: 01.10.2015



Notwendige Infrastruktur: Übersicht

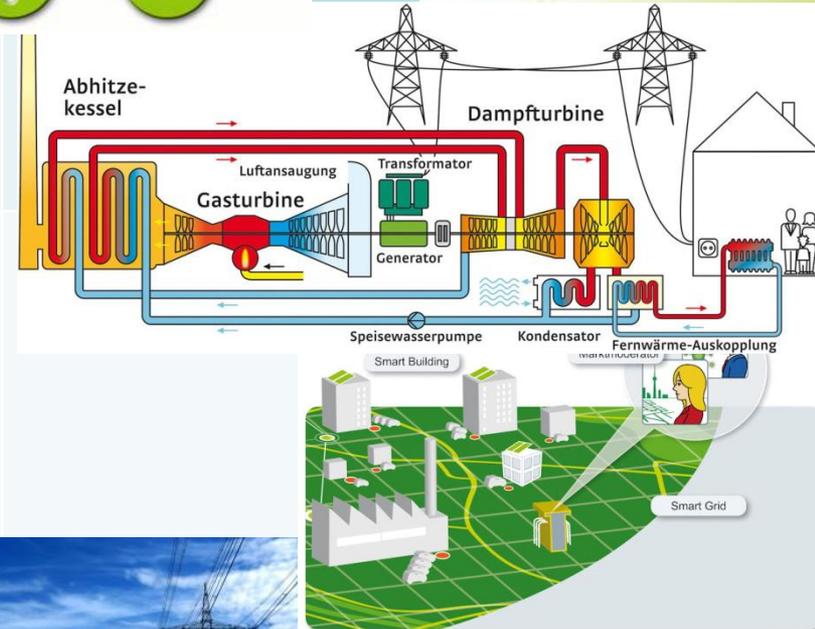
Rogall
2016

1) Umbau der Energieversorgung auf Strom



2) Bau flexibler Kraftwerke

3) Einführung eines Verbrauchersmanagements

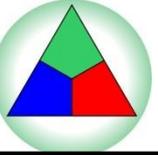


4) Ausbau der nationalen und internationalen Netze



5) Bau von Speichern

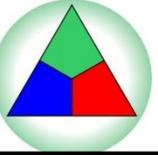




Grundlagen: Besonderheiten der Stromversorgung

Rogall
2016

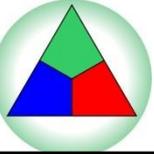
- Strom muss anders als andere leitungsgebundene Versorgungssysteme (z.B. Gas, Wasser) **immer** in der Höhe zur Verfügung gestellt wie nachgefragt werden.
Wird mehr Strom nachgefragt bricht der Stromfluss (das Netz) zusammen, wird weniger nachgefragt müssen die Produktionsanlagen (Kraftwerke) gedrosselt oder abgeschaltet werden.
- Hierbei muss die Netzfrequenz immer bei 50 Hz gehalten werden. Kommt es zu einem Frequenzabfall (weil plötzlich die Nachfrage ansteigt oder ein Kraftwerk ausfällt) wird dieser kurzfristig durch rotierende Schwungmassenspeicher ausgeglichen. Nach kurzer Zeit müssen dann flexible Kraftwerke die Stromlücke ausfüllen.



Grundlagen: **Quellen der Versorgung**

Rogall
2016

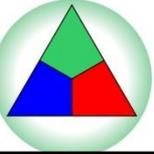
- a) **Eigenproduktion** (eigene Anlagen)
- b) **Erwerb an der Strombörse**: Hierbei speisen die Stromanbieter eine bestimmte Menge Strom zu einem festgesetzten Zeitpunkt ins Netz (physikalisch erhält der Käufer den Strom nicht, da aufgrund der Naturgesetze erzeugter Strom immer zu dem nächstliegenden Nachfrager fließt)
- c) **Bilateraler Erwerb**: Hierbei verpflichtet sich ein Anbieter zu einem ausgehandelten Preis eine bestimmte Menge Strom zu einem festgesetzten Zeitpunkt ins Netz einzuspeisen



Grundlagen: Besonderheiten bei EE

Rogall
2016

- **Vorrangregelung:** Nach dem EEG-2000 sind die Netzbetreiber verpflichtet EE-Strom abzunehmen u. zu dem gesetzl. Preis zu vergüten
- **Ausgleichszahlung:** Netzbetreiber erhalten für EE-Strom den Marktpreis u. eine Ausgleichszahlung (die über die EEG-Umlage von den Stromkunden finanziert wird, Großverbraucher sind davon befreit).
- **Vollkostenrechnung:** alle Kosten die einem Unternehmen zur Geschäftstätigkeit entstehen werden aufaddiert.
Grenzkostenrechnung: nur die Kosten werden erfasst die für Produktion des nächsten Guts entstehen. Bei Unternehmen die Strom produzieren, sind das meist nur die für z.B. eine kWh notwendigen Brennstoffkosten.



1) *Ermittlung des Strompreises an der Börse:*

Marktpreis: entsteht durch Angebot und Nachfrage (Ermittl. stündlich).

Nachts: Nachfrage gering, aber Windkraftwerke erzeugen Strom.

Grundlastkraftwerke erzeugen durchgehend Strom (An- u. Abschalten sehr zeit- u. kostenaufwendig) → Strompreis nachts niedrig, tags hoch.

2) *In welcher Reihenfolge wird der Strom verkauft:*

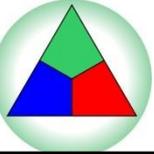
1. EE-Strom (Grenzkosten bei Sonne u. Wind nahe Null).

2. Kohle-Strom (sehr geringe THG-Emissionspreise)

3) *Welche Kraftwerke verkaufen keinen Strom:*

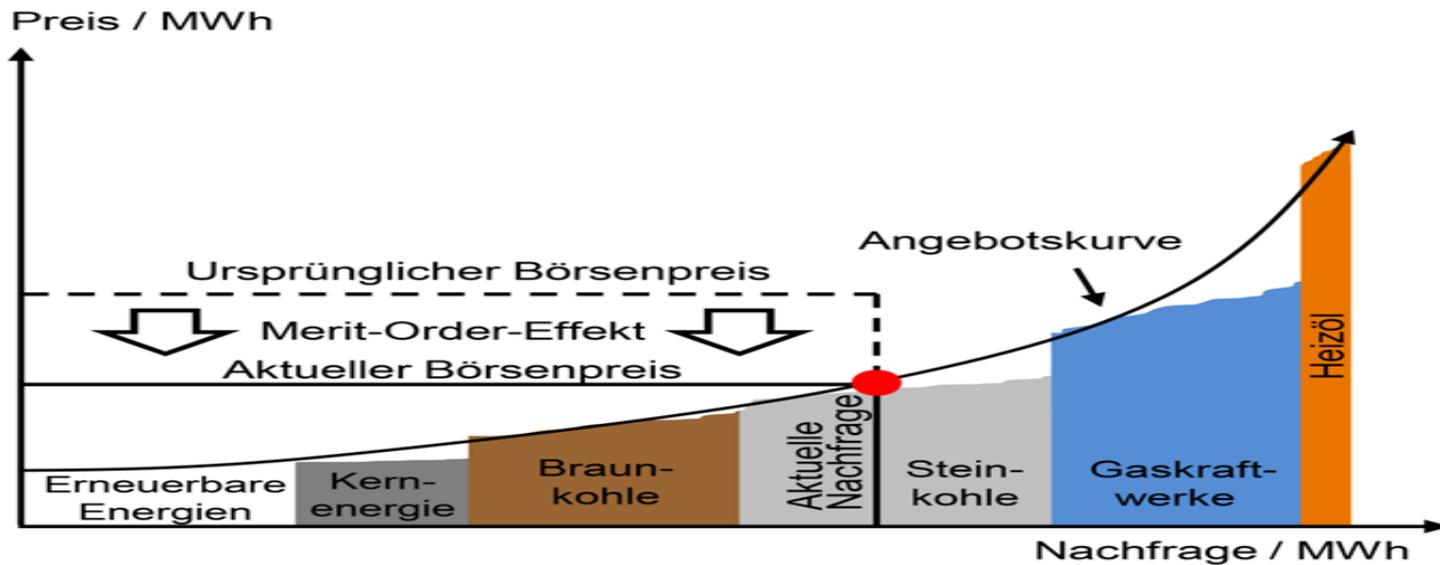
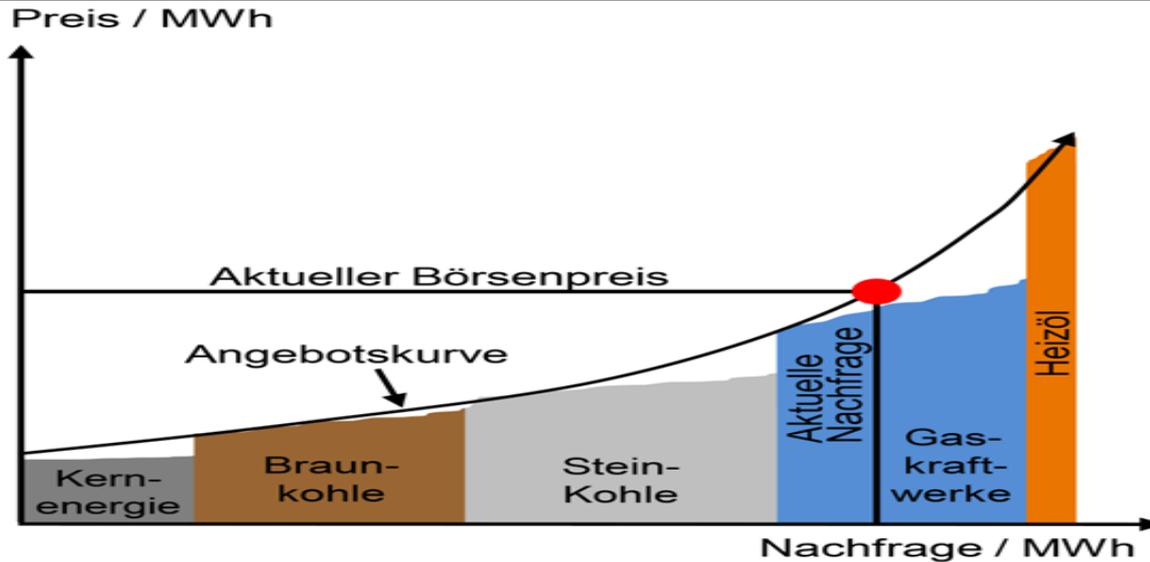
Wenn die Marktpreise $<$ Grenzkosten → Stilllegung. Z.Z.

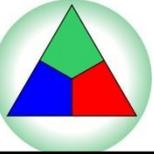
gasbetriebene Kraftwerke (die z.B. Kosten von 6 ct./kWh erzeugen).



Merit-Order-Effekt - Graphik

Rogall
2016





4) *Folgen des Merit-Order-Effekts:*

Der Strompreis an der Börse sinkt (es wurde nur EE- und Kohlestrom verkauft)

→ die EEG-Umlage steigt im gleichen Umfang wie der Strompreis an der Börse sinkt (Einspeisevergütungen für die EE sind gesetzl. Fixiert)

.

→ Anreiz Gaskraftwerke zu bauen u. zu betreiben sinkt.

* Einsatzreihenfolge von Kraftwerken nach deren Grenzkosten

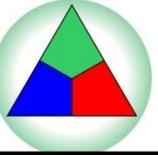


5.1 Umbau der Energieversorgung auf Strom

Rogall
2016

EE (vor allem Wind und Sonne) können **effizienter Strom** als Kraftstoffe und Wärme herstellen.

- ➔ Das Energiesystem (auch Wärmemarkt), muss bei 100%-Versorgung auf Strom umgestellt werden
- ➔ Grundkenntnis, dass möglichst niemals Niedrigtemperaturwärme (für Heizung und Warmwasser) mit Strom erzeugt werden soll (Gesamtwirkungsgrad) gilt nicht mehr je näher Länder der 100%-Versorgung kommen.
- ➔ Überschüssiger EE-Strom wird in Wärme umgewandelt und (anders als beim Strom) relativ kostengünstig für Tage gespeichert.



Umbau der Energieversorgung auf Strom

Rogall
2016

1) *Schnellst möglicher Ausbau der EE zur „100%-Versorgung“:*

Priorität: Onshore Windkraftwerke (Kosten) u. PV-Anlagen (Akzeptanz).

→ Nicht steuerbar

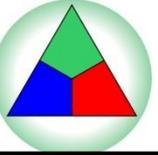
→ Kapazitätsplanung muss so erfolgen, dass diese

EE auch in wind- und sonnenschwachen Zeiten einen großen Anteil der Stromversorgung

gewährleisten können

→ **Ausbau auf 200-300%.**

→ **Manchmal sehr hohe Überschüsse, wohin?**



2) *Neuer Einsatz im Wärmemarkt*

(Wärmepumpen in Neubauten und

Sanierungen): Überschüssiger EE-Strom

(z.B. nachts), wird im **Wärmemarkt**

eingesetzt (vorzugsweise in Wärmepumpen

mit Wärmespeichern), da Wärme wesentl.

kostengünstiger zu speichern ist als Strom.

Hierzu müssen die vorhandenen Instrumente

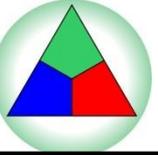
eingesetzt werden, damit alle künftigen

Neubauten und grundlegend sanierten

Gebäude ihre Wärmeversorgung durch

Wärmepumpen o. KWK-Anlagen erhalten.



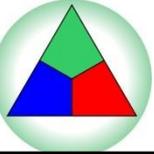


3) Elektromobilität:

Parallel zum Ausbau der Elektromobilität sollen die Batterien der Fahrzeuge in lastschwachen Zeiten auf geladen werden (insbes. Nachts).

Ab 2030 könnte bei starken Lastspitzen ein Teil des in den Batterien gespeicherten Stroms genutzt werden (z.B. 10 % bis 25 %).

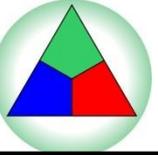




Umbau der Energieversorgung auf Strom

Rogall
2016

- Bewertung:** Durch diesen Strategiefad werden sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten für Strom aus EE geschaffen.
- es kommt fast nie zum Abregeln der Wind- und PV-Anlagen.
 - EE- Stromkapazitäten werden nicht auf 100 % sondern auf eine z. B. 200 % Versorgung konzipiert, damit ihre Stromerzeugung auch dann ausreicht wenn der Wind schwächer weht.



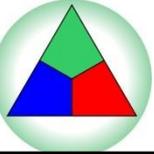
Kraftwerkstypen, nach Regelgeschwindigkeit

Rogall
2016

Grundlastkraftwerke: G. sind nur eingeschränkt regelungsfähig, weil das Anfahren sehr lange dauert und kostspielig ist. Es handelt es sich um gr. Stein-/Braunkohle- u. Atomkraftwerke. **Vorteil:** Sie produzieren betriebswirtschaftl. kostengünstig Strom. **Nachteile:** Sie externalisieren hohe sozial-ökolog. Kosten u. können nicht die Angebotslücken der EE decken.

Mittellastkraftwerke: können besser geregelt werden, daher werden sie verwendet um Stromschwanken (z.B. einige Std.) auszugleichen (gr. Gasturbinen oder GuD-Kraftwerke). Nachteil: Strom etwas teurer.

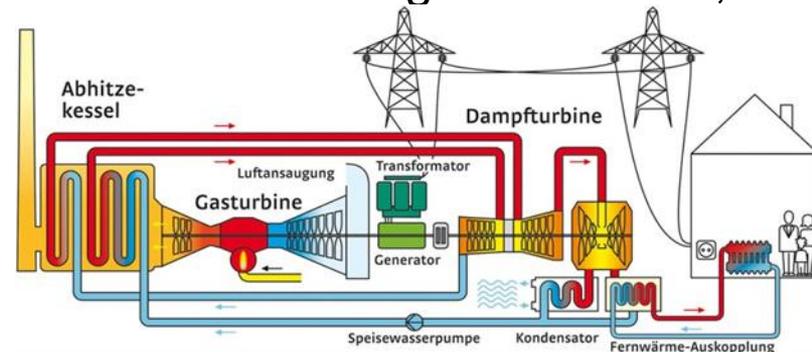
Spitzenlastkraftwerke: können in kürzester Zeit geregelt werden, sie werden eingesetzt um Stromspitzen abzufangen (Gasturbinen, Pumpspeicherkraftwerke). Einsatz nur wenn die Stromnachfrage (und damit auch der Strompreis) sehr hoch.

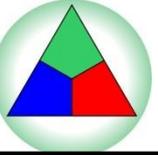


5.2 Flexible Kraftwerke

Rogall
2016

- Anlagen die schnell hoch- u. runter gefahren werden können (wenige Sekunden bis Minuten)
 - ➔ füllen die Lücken bei steigender Nachfrage u. sinkenden EE
- Kleinere u. mittleren **GuD-Kraftwerke** (5-200 MW) u. **BHKW** (10 KW-5 MW), in **KWK mit Wärmespeichern**. Zunächst mit Erdgas betrieben, später allmählich Biogas/Methan.
Stromgeführt
(abhängig v. Stromnachfrage).
- **Bewertung:** Sehr gute Brückentechnologie. Aufgrund der niedrigen Strompreise, können Gaskraftwerke aber z.Z. nicht wirtschaftlich betrieben werden.
 - ➔ Neue Marktbedingungen nötig.





Wärmespeicher

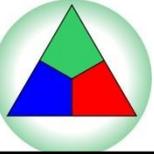
Rogall
2016

Sensible Wärmespeicher: Dem Speichermedium wird Wärme zugeführt u. später wieder entzogen (meist Wasser, da es rel. viel Wärme speichern kann, sehr preiswert u. ungefährlich ist). Durch den Temperaturunterschied zur Umgebung kommt es zu Energieverlusten.

a) Kurzspeicher: Kl. u. mittlere Speicher (50-6.000 l) können warmes Wasser (ca. 70°C) bis zu vier Tage im Haushalt speichern (> 40°C).

b) Langzeitspeicher: Speicherung über Monate.

Latentwärmespeicher: verändern ihre Temperatur Wärme nicht, sondern beruhen auf chemisch-physikalischen Phasenübergängen. Daher haben sie auch keine Speicherverluste. → Sehr gut für Langzeitspeicher. Bisher sind aber die möglichen Lade- und Entladezyklen begrenzt und das Medium ist erheblich teurer als Wasser.



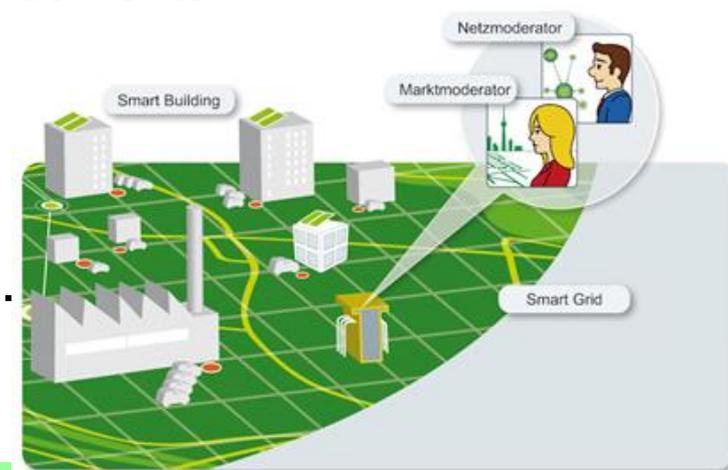
5.3 Verbrauchs- oder Lastmanagement

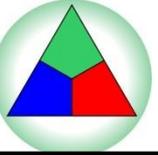
Rogall
2016

Demand Side Management soll Lastspitzen bei den Stromkunden verlagern, durch:

- 1) **Fernregelung** (Abschaltung bei starker Nachfrageerhöhung o. Einbruch bei Sonne, Wind)
→ Bereitschaft zum Eingriff von außen nötig
- 2) **Unterschiedliche Stromtarife** (je nach Nachfrage u. Angebot).
→ Bereitschaft Nachfrage nach Tarifen zu richten

Hierzu wird die Aufrüstung der Netze mit Mess-, Steuer- u. Automatisierungstechnik notwendig (Smart Grid: „Intelligente Netze u. Stromzähler“ Smart Meter).

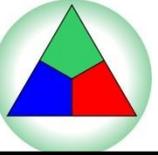




5.3 Verbrauchsmanagement - Bewertung

Rogall
2016

- a) Gewerbliche Stromnachfrager** (preiselastisch): gr. Kühl- u. Gefrieranlagen, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen, z.T. Produktionsanlagen (Lastverschiebungspotential: 24 – 25 GW).
- b) Private Haushalte** (geringe Preiselastizität):
Kühl- u. Gefrierschränke, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen
- Fernabschaltung: Akzeptanz?
 - Strompreistarife: Anreiz müsste wahrscheinl. hoch sein.
- Stromhändler haben aber aufgrund des heutigen Tarifsystems kein Interesse Kunden billigen Börsenstrom zu verkaufen.
- Aber:** künftig Wärmepumpen & E-Mobile
(Lastverschiebungspotential: 14 – 17 GW von 100 GW fossile KW).



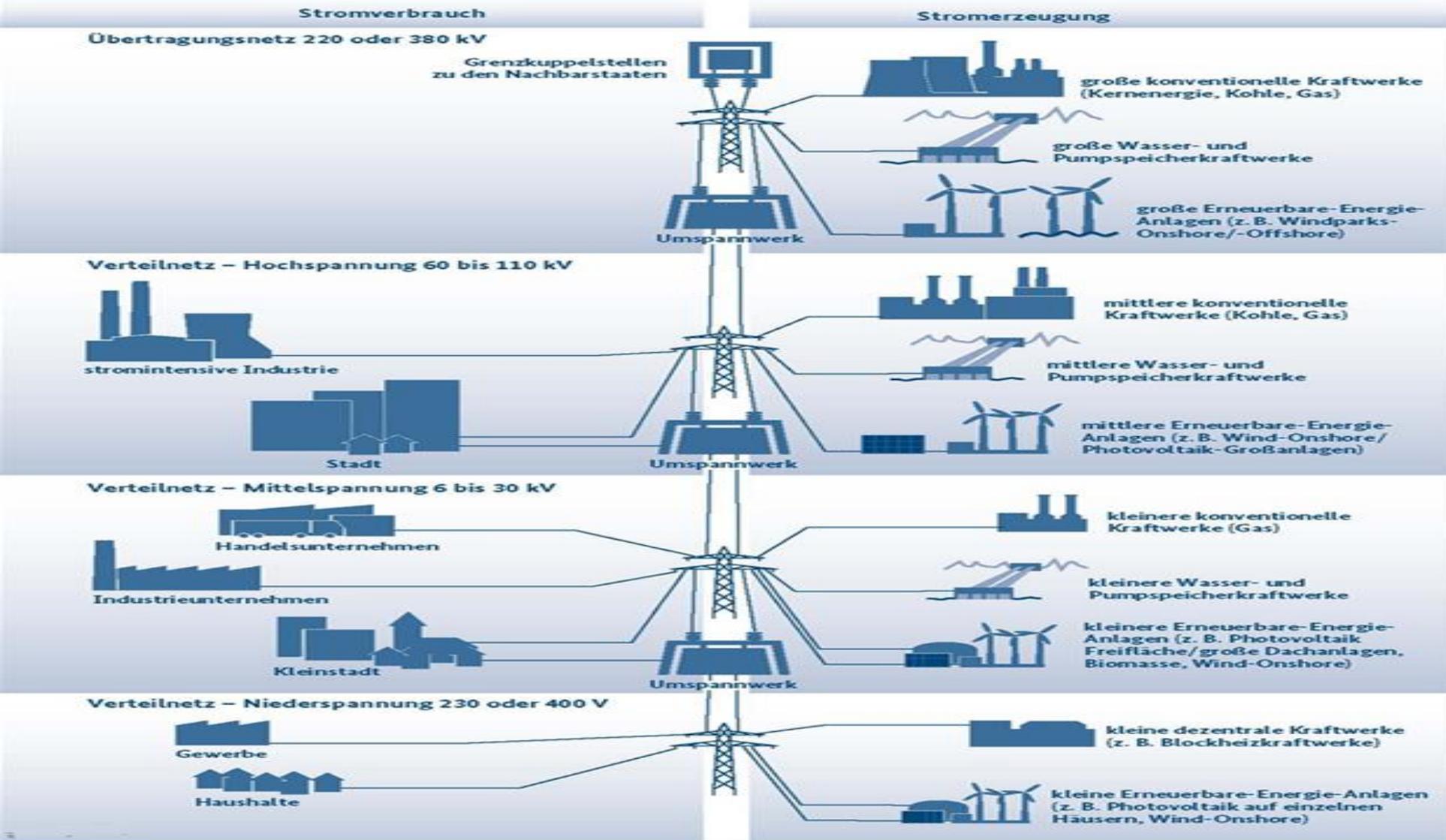
5.4 Ausbau der Netze - National

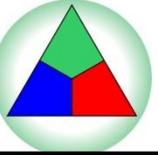
Rogall
2016

- 1) **Übertragungsnetze:**
 - a) **Transportnetze in HGÜ-Technik**,
220-380 kV (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung): Transport großer Strommengen über weite Entfernungen (relativ verlustfrei, z.B. Nordsee - Nordrhein-Westfalen). **Bewertung:** Durch Bürgerproteste, langen Genehmigungsverfahren u. wirtschaftl. Unsicherheiten verläuft der Ausbau zurzeit schleppend. Z.Z. noch nicht notwendig.
 - b) **Konventionelle Übertragungsnetze**
- 2) **Verteilnetze**
 - a) **Hochspannung (60-110 kV)**
 - b) **Mittelspannung (6-30 KV)**
 - c) **Niederspannung (0,23-400 KV)**



5.4 Ausbau der Netze - National

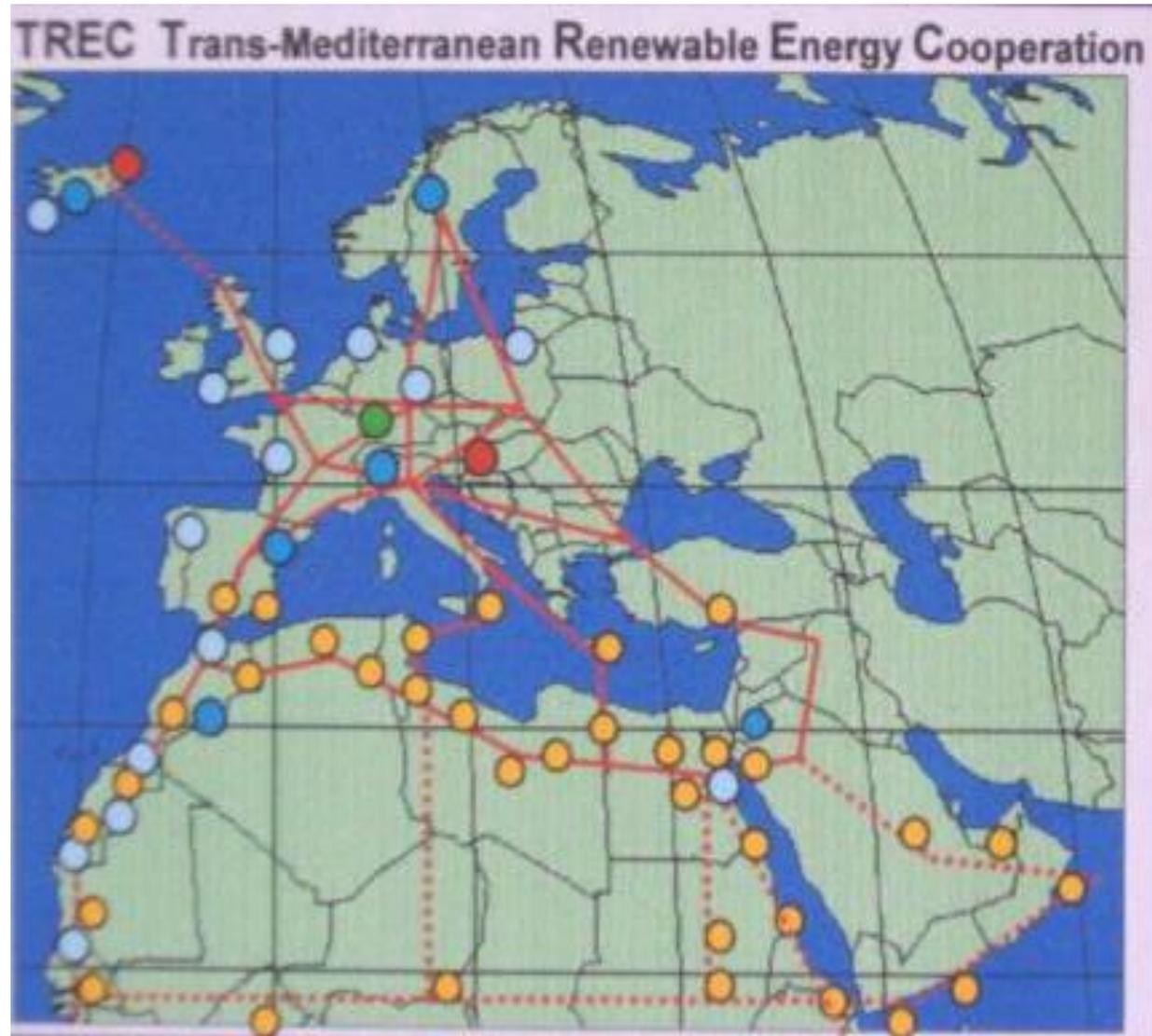


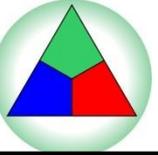


5.4 Ausbau der Netze - International

Rogall
2016

- **Ausbau der**
- **Vernetzung**
- Stromimport**
aus Afrika?
- **Speicherung**
in Norwegen

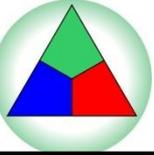




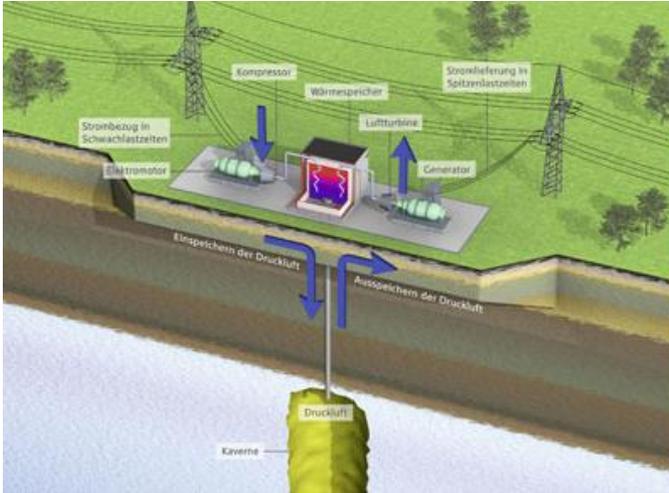
5.5 Bau von Stromspeichern - Überblick

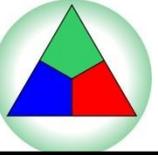
Rogall
2016

- 1) Mechanische Stromspeicher
- 2) Elektrochemische Stromspeicherung
- 3) Kurzzeitspeicherung
- 4) Neue Speicherarten
- 5) Power-to-Gas



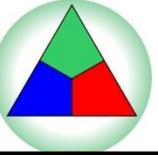
Erstens: Mechanische Stromspeicherung

Speicherart	Kurzbewertung
<p>1) Pumpenspeicher Wasserkraftwerk</p> <p>2) Wasserkraftwerke an Flüssen</p> <p>3) Pumpspeicher im Ausland</p>	<p>+ Effizient u. rel. kostengünstig</p> <p>- Potential in Deutschland (z.Z. 6.000 MW),</p> <p>http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/wasser_energie/055_pumpspeicherkraftwerk_her</p> 
<p>4) Druckluftspeicher in Salzstöcken (50-200 bar)</p> <p>5) Speicher in der Entwicklung (z.B. Tiefsee)</p>	<p>- Wirkungsgrad 40%,</p> <p>+ Abwärme künftig nutzbar ➔ 62-70%</p> <p>http://www.ipp.mpg.de/ippcms/ep/ausgaben/ep200801/bilder/0108_AACAES_z.jpg</p> 



Zweitens: Elektrochemische Stromspeicherung

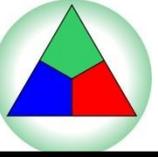
Speicherart	Bewertung
1) NiCd- und Bleibatterien	+ Kostengünstig - nur 1.000 Ladezyklen, Selbstentladung, Wirkungsgrad
2) Lithiumbatterien	+ höhere Energiedichte - Kosten, Ladezyklen, Gefährdungspotential
3) Redox-Flow-Akkumulatoren	Interessante Option zur Langfristspeicherung in der Zukunft
4) In der Entwicklung a) <i>Natrium-Ionen-Batt.</i> b) <i>Lithium-Schwefel</i> c) <i>Lithium-Luft-Batterien</i>	a) relativ preisgünstig, ab 2015 mit 0,3 kWh/kg, b) ab 2020 mit 0,6 kWh/kg und c) ab 2020/25 mit 1 kWh/kg (Renzing 2014/04: 42).



Drittens: Kurzzeitige Speicherung

Rogall
2016

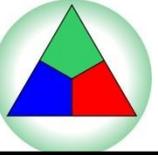
- 1) Hochleistungskondensatoren:** Hohe Wirkungsgrade (bis 95 %) aber Selbstentladungsraten von ca. 10 % pro Tag. Hohe Investitionskosten (20.000 €/kWh). Einsatz im Fahrzeugbau zur Kurzzeitspeicherung von Bremsenergie.
- 2) Schwungradspeicher:** Umwandlung von Strom in kinetische Energie (Schwungrad). Zur Stromentnahme treibt das Schwungrad einen Generator an. Vorteile: hoher Wirkungsgrad, hohe Lebensdauer (einige Millionen Zyklen) und die hohe Kapazität (bis zu 1 MW). Die Selbstentladungsrate kann jedoch bei bis zu 100 % am Tag liegen. Eingesetzt werden Schwungradspeicher bspw. bei Hebevorrichtungen oder im Nahverkehr.



Viertens: Neue Speicherarten in der Entwicklung

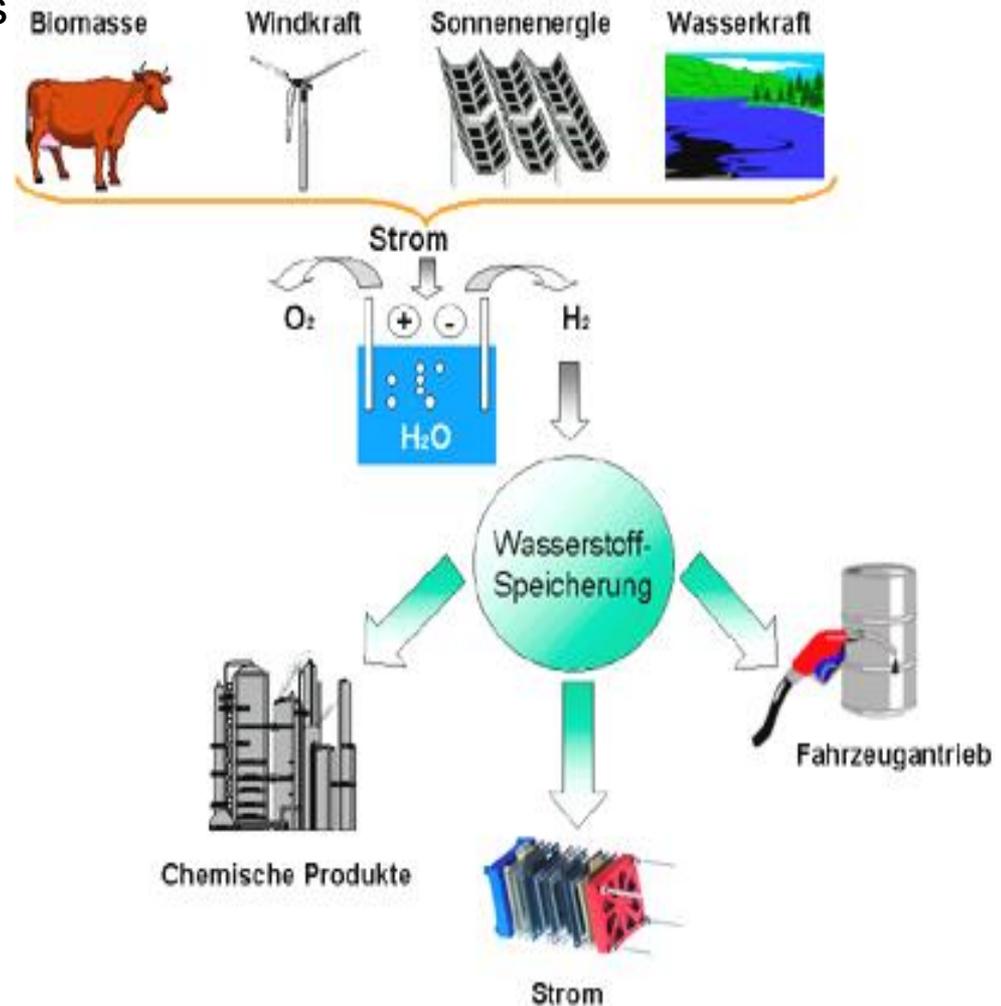
Rogall
2016

- **Hohl-Kugel-Speicher im Meer:** Die bis zu 200 m im Durchmesser großen Kugeln nutzen in bis zu 2.000 m Tiefe den enormen Wasserdruck, um in wind- und sonnenarmen Zeiten über Turbinen Strom zu erzeugen. In windstarken Zeiten wird das Wasser wieder ausgepumpt. Der Wirkungsgrad soll bei 80 % liegen (Schlandt 2011/06: 12).
- **Superkondensatoren** auf Basis aromatischer Polymere und Speicher auf *Graphen Basis*.



Fünftens: Power-to-Gas

- Überschüssiger EE-Strom (mittags PV, nachts Wind) wird genutzt um mittels Elektrolyse Wasserstoff zu gewinnen.
- Wasserstoff ist ein „sauberer“ Sekundärenergieträger, der zur Erzeugung von Wärme und Strom verbrannt werden kann. Hierbei werden keine Schadstoffe oder Treibhausgase freigesetzt
➔ Nur Vorteile bei Erzeugung aus EE, sonst direkte Nutzung





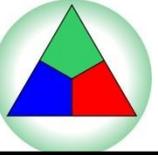
Power to Gas (Herstellung u. Nutzung von Wasserstoff)

Rogall
2016

Direkte Nutzung: Wasserstoff kann bis zu einem Volumenanteil von 5% in das normale Erdgasnetz eingespeist werden.

Kurzbewertung: Die direkte Nutzung von Wasserstoff ist kostengünstiger als das alternative Verfahren der Methanisierung. Damit kann das Erdgas Treibhausgas neutral gestreckt werden.

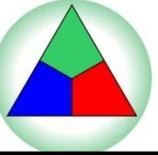
Methanisierung: Alternativ kann Wasserstoff durch eine Reaktion mit Kohlendioxid in synthetisches Erdgas (Methan) umgewandelt werden. Das Methan kann zu 100% in das bestehende Erdgasnetz geleitet werden. Allerdings treten erhebliche Wirkungsgradverluste (Gesamt-wirkungsgrad 40%) und Kosten auf.



Power-to-Gas - Bewertung

Rogall
2016

- Mit Wasserstoff u. Methanisierung ließen sich alle Speicherprobleme der EE im Strom- und Wärmesektor lösen.
Z.Z. aber zu ineffizient, die direkte Nutzung von EE-Strom (auch im Wärme- und Mobilitätssektor) ist wesentl. effizienter u. kostengünstiger
➔ Erst bei sehr hohen EE-Überschüssen oder deutl. Kostensenkung Einsatz wahrscheinlich, vielleicht in 20 Jahren.
- Aufgrund der niedrigen Gesamtwirkungsgrade sind transnationale Kooperationen z. B. mit Norwegen vielleicht auch künftig kostengünstiger.
- Aufbau eines großtechnischen Power-to-Gas-Systems ist vor 2025/30 nicht wahrscheinlich. Trotzdem Forschung notwendig.



5.6 Zusammenfassung - Stufen

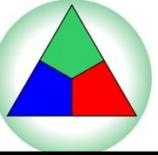
Rogall
2016

- 1) *Zügiger Umbau der Energieversorgungssysteme auf EE-Strom, Überschüsse in Wärmepumpen mit Wärmespeicher*
- 2) Ausbau **flexibler Kraftwerke** in KWK (BHKW und GuD-Kraftwerke).
- 3) Verbrauchsmagementsystem (gewerblich)**
- 4) Ausbau der **Stromnetze** auch international
- 5) Ab 2020/25 Bau von **Speichern**

→ Deutschland benötigt z.Z. **keine** neuen Stromspeicher.

Ab 2020 erhält der Speicherausbau allerdings eine neue Priorität.

Dann könnte ein europäischer Verbund mit Norwegen und/oder die Power-to-Gas-Strategie zum wichtigsten Speicher werden.



Nachhaltige Energiepolitik

Rogall
2016

Prof. Dr. Holger Rogall



Hochschule für
Wirtschaft und Recht Berlin
Berlin School of Economics and Law

I. Grundlagen

II. Strategiepfade

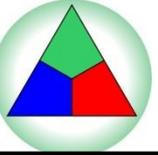
3. Effizienzstrategie
4. Erneuerbare Energien
5. Notwendige Infrastruktur

→ 6. Bewertung

III. Direkte Akteure

IV. Indirekte Akteure



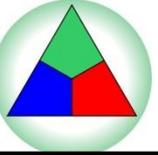


Bewertung der EE - Ökologische Dimension

Rogall
2016

Die ökologischen *Vorteile* der EE sind eindeutig:

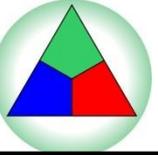
- ✓ Die EE leisten schon heute einen wirkungsvollen Beitrag zur Senkung der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen nach fast allen ökologischen Kriterien der Bewertung (Treibhausgas- und Schadstoffemissionen, Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen).
- ✓ Gelingt es global bis 2050 (oder kurz danach) das fossile Zeitalter zu beenden und eine 100%-Versorgung aus EE zu gewährleisten, könnte das 2°C-Ziel wahrscheinlich noch erreicht werden.
- ✓ Nur EE können die ökologischen Kriterien der Nachhaltigkeit erfüllen



Bewertung der EE - Ökonomische Dimension

Rogall
2016

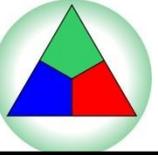
- ✓ **Beschäftigung** (grobe Schätzungen 2012): Weltweit: 5,745 Mio. China (1,747 Mio.), EU-27 (1,179 Mio.), Brasilien (0,833 Mio.)
- ✓ **Investitionen weltweit** (2012): 269 Mrd. USD. Spitzenreiter: China (65,1 Mrd.), USA (35,6 Mrd.), DE (22,8 Mrd. USD).
- ✓ EE initiieren **Innovationsprozesse** u. ermöglichen auf lange Sicht **Kostensenkungen** durch den geminderten Ressourcenverbrauch.
- ✓ Unter Berücksichtigung der **externen Kosten** sind die EE schon heute kostengünstiger als die konventionellen Energien
- ✓ Während ein fossiles Kraftwerk zum Betrieb laufend Energie benötigt (z.B. Kohle), können die EE tatsächlich mehr Energie „erzeugen“



Bewertung der EE – sozial-kulturelle Dimension

Rogall
2016

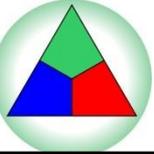
- ✓ Die *Akzeptanz* der EE ist insgesamt hoch, so sehen 81% der deutschen Bevölkerung die Nutzung und den Ausbau der EE als sehr wichtig an
- ✓ Die EE leisten einen hohen, künftig sehr hohen Beitrag zur *dauerhaften Versorgungssicherheit*, da sie zum größten Teil heimische Energien darstellen und ihr *Potenzial* sehr viel höher ist, als das noch vor 10 Jahren für möglich gehalten wurde
- ✓ Durch die deutliche Senkung des Ressourcenverbrauchs wird ein hoher Beitrag für die globale *Konfliktvermeidung* geleistet (Adelphi consult, WI 2007).
- ✓ Die *Sicherheitsfreundlichkeit* ist sehr hoch, große Gefährdungen sind ausgeschlossen (z.B. bei Terrorangriffe und Sabotage)



Bewertung EE – Nachteile

Rogall
2016

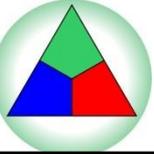
- Einzelne EE weisen **Zielkonflikte** zwischen Nachhaltigkeitskriterien und Nutzung zur Energieerzeugung auf, die künftig stärker berücksichtigt werden müssen (Wasserkraft, Biokraftstoff).
- Auch ist die **Energiedichte** von EE häufig geringer, so dass teilweise ein höherer Flächenbedarf notwendig ist (z.B. Sonnenkollektor oder Windkraftwerk gegenüber konventionellen Energiesystemen).
- Die **betriebswirtschaftlichen Kosten** sind zum Teil noch höher als bei der Effizienzstrategie.
- Der **Strom- und Wärmebedarf ist z.T. nicht jederzeit lieferbar** (Abhängigkeit von Wind und Sonne), daher wird hier eine neue Infrastruktur nötig.



Bewertung Contra-Argumente

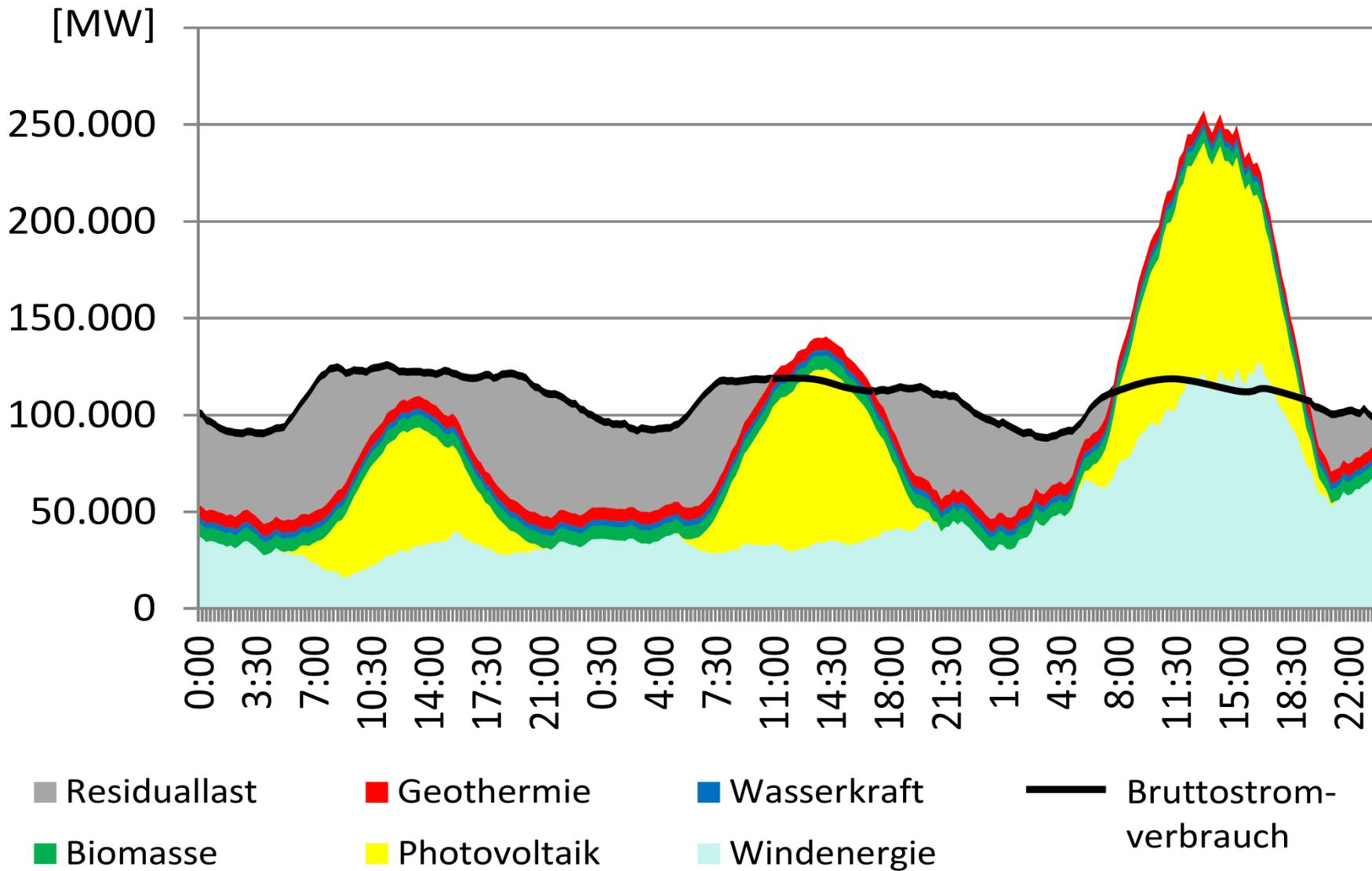
Rogall
2016

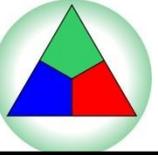
- *Alternative zwischen einer konventionellen Energieversorgung und einer Versorgung aus EE:*
- *Der Ausbau der EE zur 100 %-Versorgung und eine nachhaltige Energiepolitik seien zu teuer.....*
- *Eine nachhaltige Energiepolitik geht nicht zu Lasten der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft.....*
- *EE waren zu teuer.....*
- *Die EE-Umlage wäre die Ursache des Strompreisanstiegs für Haushaltskunden*



Szenario 100%-Versorgung mit EE (2060)

Rogall
2016





Herausforderungen nach Sektoren

Rogall
2016

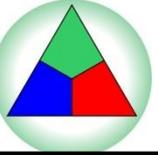
- **Stromherstellung:** Bislang die größten Erfolge beim EE-Ausbau von 2% (1990) auf 24% (2013). Eine 100%-Versorgung mit EE bis 2050 erscheint wirtschaftlich und technisch möglich.
- **Wärmemarkt (inkl. Warmwasser):** Der EE-Anteil ist mit 2% (1990) auf 10% (2013) wesentl. langsamer gestiegen (kein EEG vergleichbares Instrument). Wenn Effizienzstrategie auch im Bestand kann eine 100%-Versorgung mit EE bis 2050 aber noch gelingen.
- **Verkehr:** Der EE-Anteil ist von 0% (1990) auf 7% (2007) gestiegen, seit dem sinkt er wieder. Eine 100%-Versorgung im Verkehrsbereich wird auch in Zukunft erheblich schwieriger zu bewerkstelligen sein als im Stromsektor.



Quellen

Rogall
2016

- BMU (2015/03): Erneuerbare Energien in Zahlen, Broschüre.
- Förstener, U. (2011): 8. Auflage, Berlin, Heidelberg.
- Quaschning, V. (2015): Erneuerbare Energien und Klimaschutz, München.
- Rogall, H. (2012): Nachhaltige Ökonomie, 2. erweiterte Auflage, Marburg.
- Rogall, H. (2014): Chancen einer 100%-Versorgung mit erneuerbaren Energien von der globalen bis zur kommunalen Ebene, Manuskript.

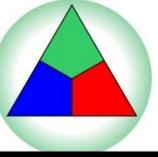


Fazit und Schluss

Rogall
2016

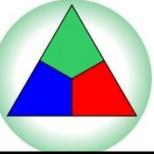
- **Die Ziele einer nachhaltigen Energiepolitik können nur durch konsequente Umsetzung aller drei Strategiepfade erreicht werden.**
- **Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit !**
- **Ich freue mich auf Ihre Fragen.**





Anhang: Kriterien für die Bewertung von Speichern

- (1) **Energie- und Leistungsdichte:** Wie viel Energie kann der Speicher aufnehmen?
- (2) **Lebensdauer:** Wie oft kann der Speicher geladen und entladen werden (Zyklen)
- (3) **Hochstrombelastbarkeit:** Wie schnell kann der Speicher auf- u. entladen?
- (4) **Ansprechzeit:** Reaktionszeit bis Energieabgabe erfolgt
- (5) **Anforderungen an Ladeverfahren** und Ladeelektronik: Aufwand des Aufladens
- (6) **Betriebstemperaturbereich:** optimale Temperatur
- (7) **Sicherheit:** Gefahrenpotential
- (8) **Wirkungsgrad:** Wie viel der Energie kann anschließend genutzt werden
- (9) **Kosten:** Anschaffung; Wartungsbedarf
- (10) **Messbarkeit** des Ladezustandes
- (11) **Verwertbarkeit** nach Lebensdauer

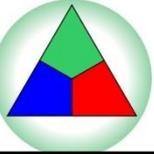


Anhang: Solarer Wasserstoff + Brennstoffzelle

Rogall
2016

Vorteile	Nachteile
+ direkte Umwandlung ohne verlustreichen Umweg über Wärmeerzeugung	- Hohe Verluste bei Transport des Wasserstoffs
+ keine Schadstoff- u. Geräuschemissionen	-
+ geringer Wartungsaufwand	- Dreifach hohe Kosten: (1) Erzeugung aus EE (2) Transport (3) Brennstoffzelle → ca. 100% gegenüber direkte Nutzung EE

→ Aufgrund der sehr hohen Kosten und des techn. Aufwandes erst ab 2030 als Standardtechnik einsetzbar, Weiterentwicklung nötig.



Anhang: Strategien zur 100% Stromversorgung:

Rogall
2016

1. Leitwarte: Zentrale für Prognosen, Verfügbarkeit, Bedarf

2. Biogasanlage



<http://www.solarserver.de/l8mimages/biogas.jpg>

3. Windkraftanlage



<http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.solarserver.de/solarmagazin/images/windkraft.jpg&imgr>

4. PV-Anlage



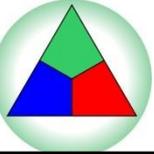
http://www.solarserver.de/l8mimages/solon_photovoltaik_nachfueh.jpg

5. Pumpspeicherkraftwerk



http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/wasserenergie/055_pumpspeicherkraftwerk_herr

6. Europäisches Verbundnetz



Anhang: Brennstoffzelle: Technik

Rogall
2016

- Erzeugung von Strom mittels elektrochemischer Oxidation („kalter Verbrennungsprozess“) einer wasserstoffhaltigen Substanz (Wasserstoff, Methanol, Erdgas, Biogas).

Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

