Windfinsternis

als Ergebnis einer Sprungfunktion in der EEG-Vergütung

Gunnar Kaestle

Arbeitskreis Energie (AKE), Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V.

Mo, 2018-03-05, Erlangen



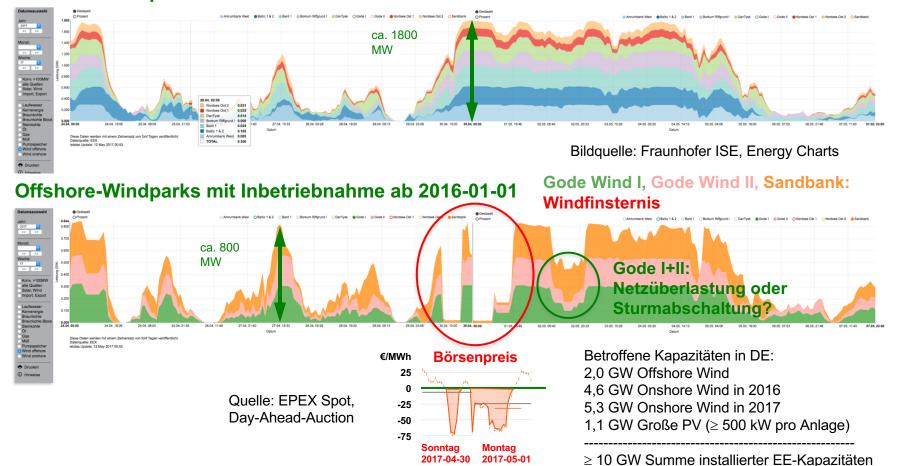
Agenda

- Sichtbare Symptome und Begriffserläuterung
- Negative Preise als Auslöser
- Schädliche Auswirkungen
- Lösungsvorschlag



Windfinsternis am 30. April und 1. Mai 2017

Offshore-Windparks mit Inbetriebnahme bis 2015-12-31

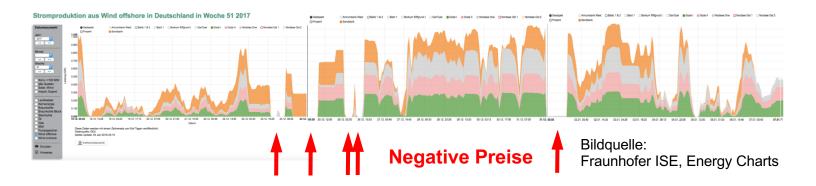




Windfinsternis am Jahreswechsel 2017/18

Einspeisende neuere Offshore-Windparks:

Gode Wind I, Gode Wind II, Nordsee One, Sandbank

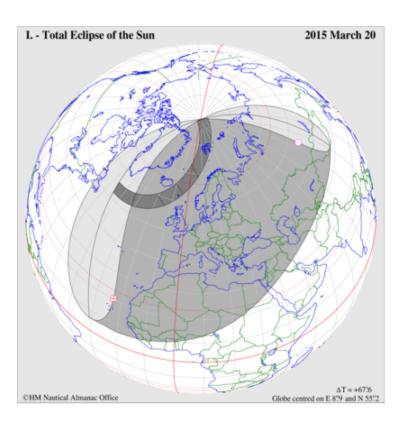


Lastschwache Periode mit hoher Einspeisung von Windenergie

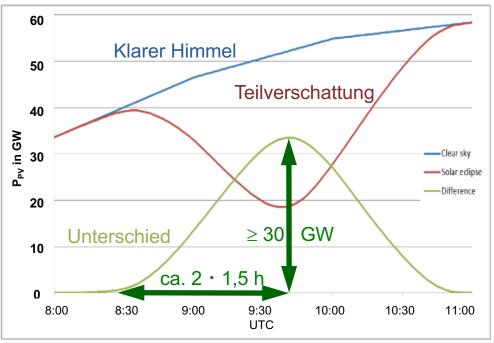
- So, Heilig Abend (21:00 08:00)
- Mo, 1. Weihnachtsfeiertag (00:00 08:00)
- Di, 2. Weihnachtsfeiertag (02:00 09:00 & 10:00 16:00)
- Mo, Neujahr (23:00 15:00)



Sonnenfinsternis am 2015-03-20



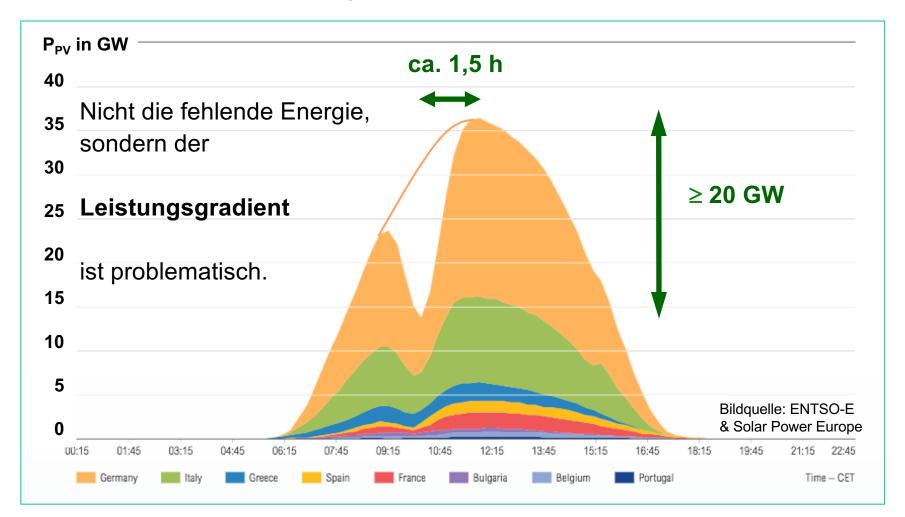
Maximaler Leistungseinbruch bei klarem Himmel



Bildquelle: ENTSO-E



Gemessene Einspeisung am 2015-03-20





Agenda

- Sichtbare Symptome und Begriffserläuterung
- Negative Preise als Auslöser
- Schädliche Auswirkungen
- Lösungsvorschlag



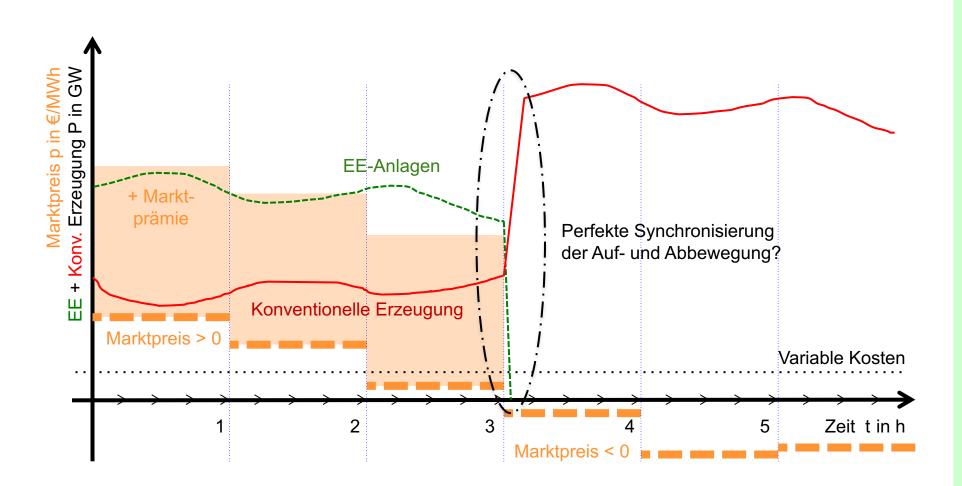
Europäische Kommission, DG Competition

- Leitlinien für staatliche Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2014-2020 (2014/C 200/01)
 - 3.3.2.1. Beihilfen zur Förderung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen: "Es werden Maßnahmen getroffen, um sicherzustellen, dass die Stromerzeuger keinen Anreiz haben, Strom zu negativen Preisen zu erzeugen."
- Umsetzung in Deutschland im Rahmen des EEG
 - Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014, §24(1)
 - Erneuerbare-Energien-Gesetz 2017, §51(1)

"Wenn der Wert der Stundenkontrakte für die Preiszone für Deutschland am Spotmarkt der Strombörse in der vortägigen Auktion in mindestens sechs aufeinanderfolgenden Stunden negativ ist, verringert sich der anzulegende Wert für den gesamten Zeitraum, in dem die Stundenkontrakte ohne Unterbrechung negativ sind, auf null."

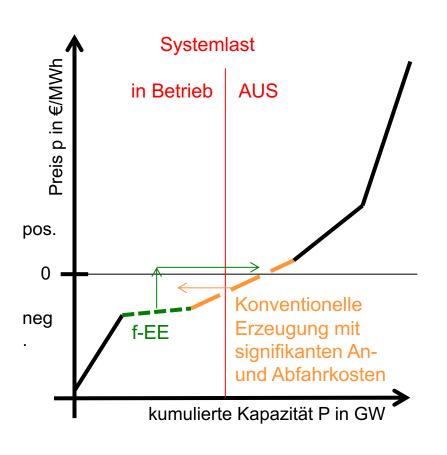


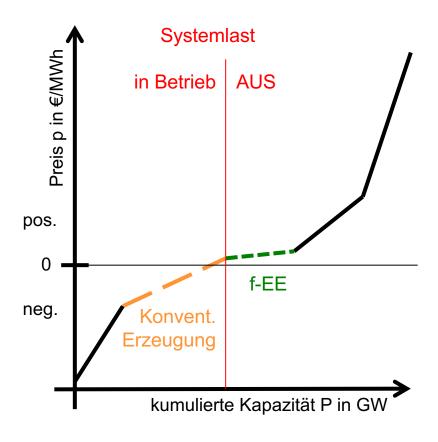
Leistungsänderung innerhalb der Energiehandelsblöcke





Umsortierung der Merit-Order nach Verlust der Marktprämie





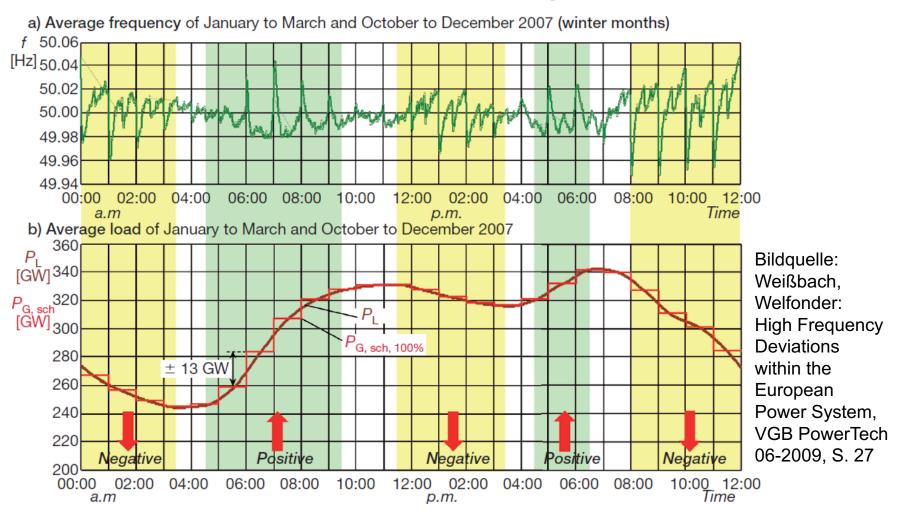


Agenda

- Sichtbare Symptome und Begriffserläuterung
- Negative Preise als Auslöser
- Schädliche Auswirkungen
- Lösungsvorschlag



Deterministische Frequenzabweichungen bei steilen Rampen



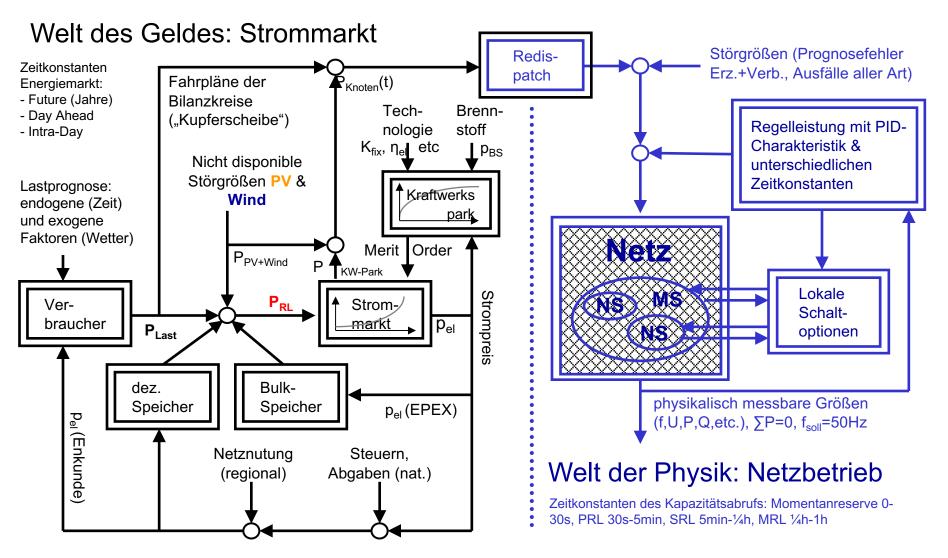


Es geht ums Prinzip!

- Reglungstechnisch sinnvolles Verhalten auch von ökonomischen Systemen
- Gut zu untersuchende LTI-Systeme (linear time-invariant) als Zielvorstellung
- Vermeiden von Totzeiten
- Vermeiden von Totbändern
- Vermeiden von Hysteresen
- Vermeiden von harten Schaltschwellen (Sprungfunktion)
 - Vergütungssprung von ca. 50 €/MWh
 - Hohe Gleichzeitigkeit, da über Preissignale synchronisiert



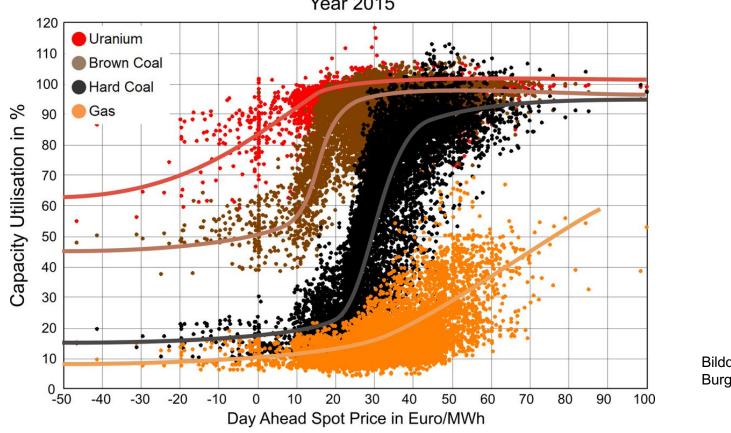
Elektrizitätsmarkt als nicht-linearer Regelkreis





Einspeisevorrang der Erneuerbaren?



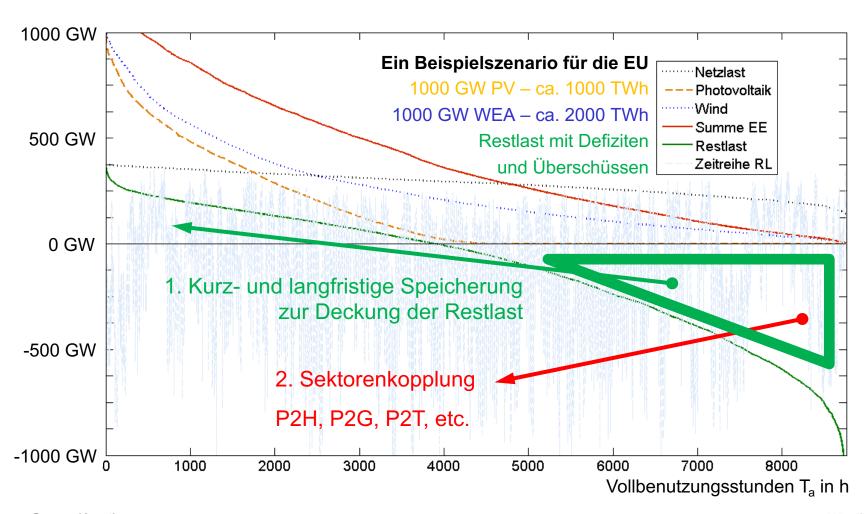


Bildquelle: Bruno Burger, FhG ISE

Marktinduziertes Abregeln bei negativen Preisen



Abregeln von nutzbaren Überschüssen?





Agenda

- Sichtbare Symptome und Begriffserläuterung
- Negative Preise als Auslöser
- Schädliche Auswirkungen
- Lösungsvorschlag



Teleologische Interpretation als langfristige Option

- Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014-2020 (2014/C 200/01)
 - 3.3.2.1. Aid for electricity from renewable energy sources "measures are put in place to ensure that generators have no incentive to generate electricity under [considerable] negative prices"
- Das Marktprämienmodell führt bereits zu einem Abregeln von EE-Anlagen bei moderat negativen Marktpreisen.
- Negative Preise sind wertvolle Signale, die auf unflexible Anlagen im disponiblen Kraftwerkspark wirken.
- Solar- und Windenergie sind nicht preiselastisch, d.h. bei höheren Marktpreisen ist die elektrische Energieproduktion aus EE tendentiell niedriger bei höheren Preisen.



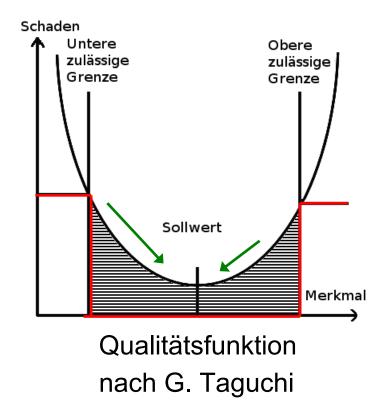
Intelligentes Bieten als kurzfristige Option

- Das EEG 2017 stellt klar:
 - Referenzpreis ist die Day-Ahead-Auktion (DA)
 - Keine prinzipielle Änderung von EEG 2014 nach EEG 2017, z.B. die Intraday-Eröffnungsauktion oder der ID₃-Preis als Referenz
- Falls der Day-Ahead-Preis nicht unter Null fällt, bleibt die EEG-Zahlung bestehen, sogar wenn der Intraday-Preis negativ wird.
- Empfohlende Bietstrategie:
 - Abgabe von DA-Verkaufsgeboten mit positivem Limit (z.B. mit den Grenzkosten ohne Einbeziehung der Marktprämie, vgl. mit variablen Wartungskosten)
 - Falls nur EE-Teilmengen am DA-Markt verkauft werden können, kann der Rest im Intraday-Markt vermarktet werden, ohne dass ein negativer ID-Preis die EEG-Zahlung beeinträchtigt.



Fragen zum Vortrag?
Entweder jetzt oder später:

gunnar.kaestle@tu-clausthal.de Tel. 05323 997724





Backup-Folien



Steuer- und Regelungstechnik

- Norbert Wiener: Kybernetik
- Wissenschaft der Steuerung & Regelung
- Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine, 1948
- Kybernètès = Steuermann
- Jay Forrester: Systemdynamik
- Simulation und Analyse komplexer Systeme
- insbesondere sozio-ökonomische Modelle
- World3 Die Grenzen des Wachstums, 1972



Quelle: Wikimedia

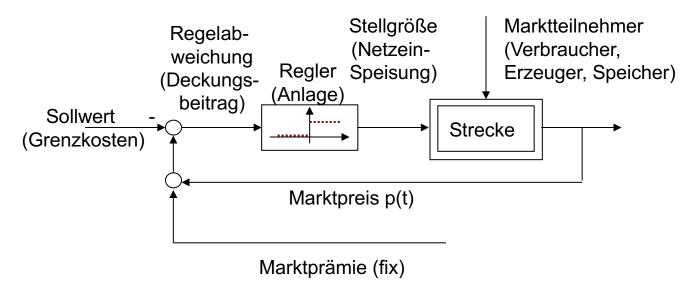


Quelle: Wikimedia



Preissignal in der geschlossenen Regelschleife

- Anlage (Regler) reagiert auf das Preissignal
- Markt (Regelstrecke) reagiert auf die Erzeugungsleistung
- Geschlossener Regelkreis, allerdings ist das Marktprämienmodell vor allem für disponible Anlagen sinnvoll (vgl. Preiselastizität)





Refinanzierungsmechanismen des CAPEX

Typ Erntemaschine

- nutzt nicht-speicherbare Primärenergie
- nicht disponibel / dargebotsabhängig und preisunelastisch
- WEA, PV, Laufwasser, etc.
- fester Einspeisetarif bzw. gleitende Marktprämie

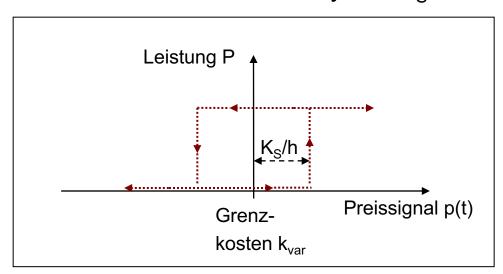
Typ Lastfolgeeinheit

- nutzt speicherbare (Primär)energie
- disponibel / steuerbar und preiselastisch
- Speicherwasser, Biomasse, KWK, EESS, etc.
- flexible, gehebelte Marktprämie



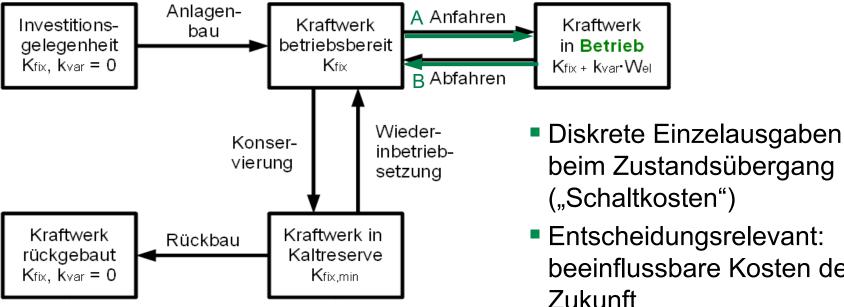
Marktverzerrung durch Hysterese

- Schaltkosten K_S bedingen
 - Verzögertes Zuschalten (erhöhte Strompreise)
 - Verzögertes Abschalten (negativer Deckungsbeitrag)
- Breite der Hysterese wird bestimmt durch die erwartete Länge h des kommenden Ein- bzw. Aus-Zyklus K_S/h



openVPP

Hysterese durch An- und Abfahrkosten



Hysterese beim Übergang zwischen A und B: Strompreisniveau

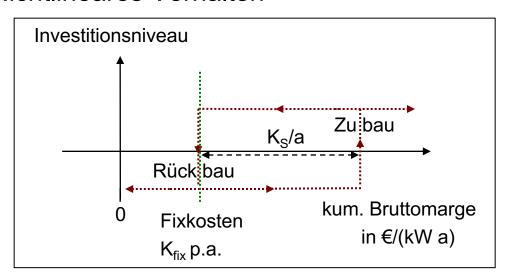
- deckt variable Kosten + Schaltkosten
- deckt variable Kosten nicht Schaltkosten

- beim Zustandsübergang
- beeinflussbare Kosten der Zukunft
- Kosten für An- und Abfahrvorgang werden eingepreist



Anpassungsmangel in der langen Frist

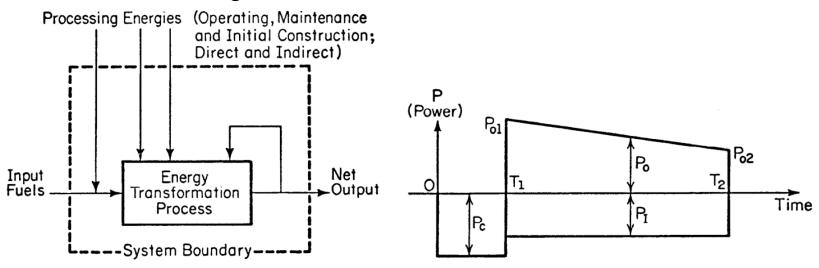
- Diskrete Schaltkosten K_S entsprechen Investitionsausgaben
- Breite der Hysterese K_S/a wird bestimmt durch die Abschreibungsdauer und die Eigenkapitalverzinsung
- Weite Bandbreite ohne Reaktion auf Marktsignale
- Nichtlineares Verhalten





Exergy & Energy Discounting

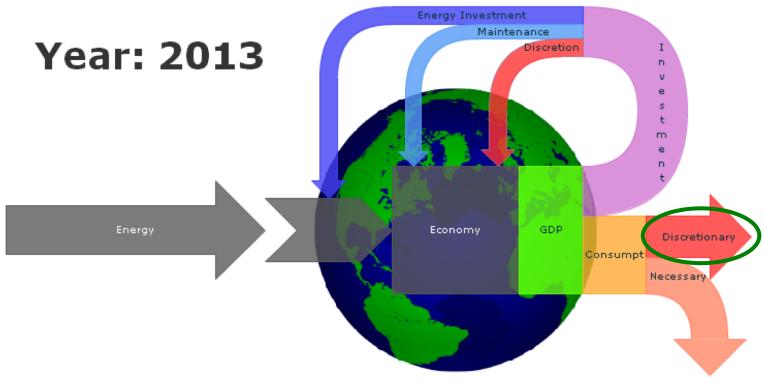
- Diskontiertes Integral des Energieflusses als physikalische Bezug
- Energieinvestition (kumulierter Energieaufwand für den Bau)
- Nutzbare Endenergie zahlt investierte Energie zurück
- Energetischer Kapitalwert mit internen Zinsfuß entspricht "natürlichem" energetischen Zins



Quelle: Bruce Hannon, 1982



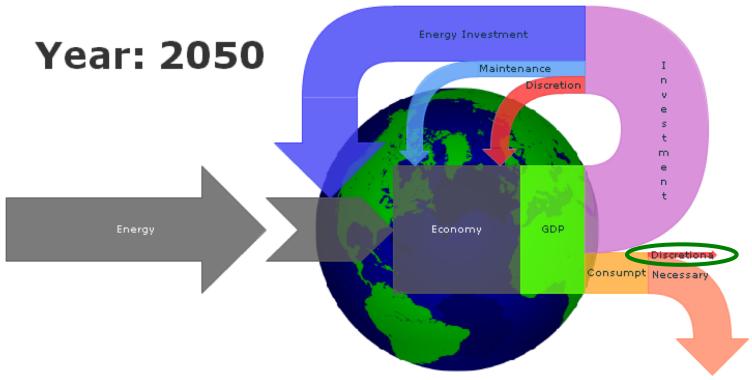
Reinvestitionen in langlebige Energieinfrastruktur I



Quelle: Charlie Hall



Reinvestitionen in langlebige Energieinfrastruktur II



Quelle: Charlie Hall