



Internet der Energien

Kontroversen über die soziale, technische und informationelle Architektur des künftigen Energiesystems

Probleme,
Gestaltungsansätze und
Potenziale eines "Internet der Energien"
– Thesen der Organisatoren

Prof. Dr. Hans Dieter Hellige, Dr. Jakob Wachsmuth,
Dr. Stefan Gößling-Reisemann, Dipl.-Ing. Sönke Stührmann



Der Energiesystem-Leitbilddiskurs „Internet der Energien“

- Leitbild „Internet der Energien“ als Austragungsort für die Aufarbeitung von Kontroversen über die soziale, technische und informationelle Architektur des Energiesystems
- Begriffsvarianten: eEnergy, Future Grid und Smart Grid
- Konstitutiv für das Leitbild war der Gegensatz:
Dezentralität – Zentralismus
- Mittelpunkt der Debatte über das „Internet der Energien“:
Die Kontroverse zwischen zwei sozialen Architekturen
Crowd architecture vs. Cloud architecture
- „Energiepolitik von unten“ vs. „Energiepolitik von oben“



Crowd architecture vs. Cloud architecture

- **Crowd energy** „Internet der Energien“ = übergeordnetes Ausgleichsnetz regionaler Energie-Austauschnetze (Local Energy Networks, Microgrids).
- *bottom up*-organisiert und selbstverwaltet, Muster WWW
- **Cloud energy** „Internet der Energien“ = nationales bzw. kontinentales Höchstspannungs-Supernetz mit Einbindung der dezentralen Energieproduktion
- *top down*-organisiert, von Groß-EVU in Clouds verwaltet



Leitbild-Diskurs als Spiegel eines strategischen Governance-Konfliktes

- Nahwirtschaftliches Selbstversorgungsmodell
„power to the people“
- Großwirtschaftliches Fremdversorgungsmodell
„power to the global players“
- Metaphernkreuzung historischer Transformationsprozesse
Dezentrales Leitbild folgt dem Vorbild der Internet-
Dezentralisierung
Zentrales Leitbild dem Vorbild der Stromsystem-
Zentralisierung
- Internet als Metapher für die soziale Arbeitsteilung zwischen den
Netzinstanzen im Energiesystem



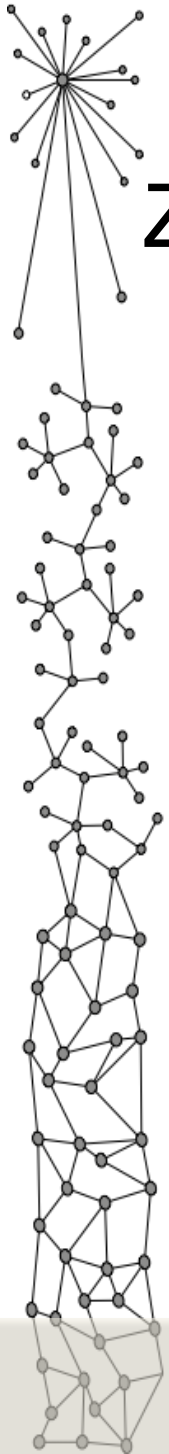
Erweiterung des Leitbild-Diskurses um das „Internet der Energien“

- Frage der informationstechnischen Infrastruktur
- Begriffsdifferenzierung für unterschiedliche Systemarchitekturen der IKT-Infrastruktur
- Frage des Zusammenspiels verschiedener Energieformen beim Ausgleich des volatilen Erneuerbaren-Angebotes
- Kopplung eher auf der Ebene großtechnischer Infrastrukturen oder über dezentrale Energieverbundsysteme
- Frage des Einflusses der Gestaltungsansätze auf die Vulnerabilität und Resilienz des Gesamtsystems



2. Balance zwischen Dezentralität und Zentralität beim Umbau des Energiesystems

- Trend zur Dezentralisierung in der derzeitigen Architektur-debatte von Energiesystemtechnik und Energieinformatik
- *Paech*: Modell einer *lokalen bzw. regionalen Energie-autarkie* als Lernfeld für eine Nullwachstumsökonomie
- *Schlögl*: Ein „*verteiltes Großkraftwerk im Internet*“ als ein Verbund von regionalen Virtuellen Kraftwerken
- *Strüker*: Leitbild eines *energietechnischen und energiepolitischen Subsidiaritätsprinzips* auf der Basis von Microgrids und „Mikromärkten“
- *Leyens*: Ein integriertes *Energie-Klimaschutzkonzept auf kommunaler Basis* eingebettet in Groß-EVU



2. Balance zwischen Dezentralität und Zentralität beim Umbau des Energiesystems

- *Lehnhoff*: Großnetzlösung als Komplexitätsfalle in Domänen-übergreifenden Energiesystemen, *Hybridisierung erzwingt Subsidiaritätsprinzip*, Entdeckung hybrider energetischer Nachbarschaften
- *Schmeck*: Konsequenter Dezentralisierungsansatz, elektrische Lastverschiebung über *ein kontrolliert sich selber organisierendes Lastmanagement*
- Bevorzugung der „Crowd architecture“ des "Internet der Energien" und des Subsidiaritätsprinzips als Paradigma für die Gestaltung des Energiesystems
- Nichtrepräsentative Auswahl der angehörten Experten



3. Zusammenspiel von IKT- und Energiesystem-Architektur

- IKT haben Schlüsselrolle bei der Organisation der Erneuerbaren-Energieversorgung
- Differenzen bei der Ausgestaltung des Zusammenspiels
 - IKT als universeller Problemlöser
 - Dienende Rolle der IKT für vorrangige Energiesystemgestaltung
- Zentralistische Ansätze: Integration aller Informations-flüsse in ein Internet bzw. WWW –basiertes Gesamtnetz
- Dezentrale Ansätze: Aufspaltung des „Internet der Energien“ in regionale IP-basierte Smart Grids



3. Zusammenspiel von IKT- und Energiesystem-Architektur

- Differenzen beim Grad der Dezentralisierung
 - *Völlige Dezentralisierung* mit verteilter sich selbst organisierender Systemintelligenz
 - Modell einer öffentlich-rechtlichen „*Datendrehscheibe*“ mit begrenztem Zugang für bestimmte Akteure
- Zusätzliche Komplexität durch IKT in jedem Fall
- Minderung durch *Informationelles Subsidiaritätsprinzip*
- Informatisierung der Energieflüsse als eminentes Risiko
- Stromverbrauchs-Analytik verschafft detaillierte Einsichten in häusliche Lebensstile und Lebensgewohnheiten
- Strikte Datenvermeidung und –Aggregation erforderlich



Fazit zum Energiesystem-Leitbilddiskurs

- Es gibt bisher keine systematische Auswertung der verschiedenen Ansätze, Modellversuche und Forschungsprojekte zu eEnergy, Smart Grid u. Microgrid.
 - Es gibt kein integrales Idealkonzept, jedes Modellvorhaben konzentriert sich auf bestimmte Problemkomplexe.
 - Das Zusammenspiel sozialer, technischer und informationeller Architekturen des Energiesystems bedarf systematischer Forschungsanstrengungen.
 - Es fehlt bei fast allen eEnergy-Modellvorhaben eine Kontinuität, so bleibt es überwiegend nur bei Simulationen, die die prinzipielle Möglichkeit dezentraler EE-Versorgungskonzepte demonstrieren.
 - Fazit von Frau Kellner-Stoll: Technisch machbare Konzepte stehen bereit, aber die Politik spielt nicht mit.
- Die Transformationsprozesse und ihre Hindernisse müssten jeweils in den Modellen mitberücksichtigt werden.



Unterschiedliche Resilienzverständnisse

Bandbreite an Resilienzverständnissen der Sprecher:

- **Resilienz als Fähigkeit eines sozio-ökonomischen Systems**, den Kollaps bei kritischen Entwicklungen zu vermeiden (Paech)
 - **Resilienz als Fähigkeit sozialer Institutionen**, mit den Ausfällen benötigter System Services umzugehen (Birkmann/Bach)
 - **Resilienz als Fähigkeit eines technischen Systems**, seine System Services trotz massiver äußerer Störungen und interner Ausfälle aufrecht zu erhalten (de Meer)
- Ganzheitliches Verständnis der Resilienz von Energiesystemen erfordert, den Blick auf das gesamte sozio-techno-ökonomische System zu richten.



Systemdienstleistungen sind zu erhalten!

Nicht Gefährdung des Systems ist von Bedeutung, sondern die der Erbringung seiner Dienstleistungen

Def. System Service (insp. von Boyd & Banzhaf 07):
Strukturen, Produkte + Leistungen, die Systeme

- einem Empfängerkreis („Nutzer“) zur Verfügung stellen,
- für diesen Empfängerkreis einen technischen, ökonomischen oder Wohlstand erhaltenden / vermehrenden Wert haben,
- über mengen- oder objektartige („was“) und qualitätsartige („wie“) Kriterien beschrieben werden.

Spezifizierung v. System Services ist normativer Schritt.



Beispiel Stromversorgung

Was

Elektrische Energie und Leistung (nach Vertrag, z.B. bis zu 10kW)

Wie

Direkte Kriterien

- Frequenz 50 +/- 0.2 Hz
- Spannung e.g. 400 V +/- 10%
- Nichtverfügbarkeit (SAIDI)
- Ortsunabhängig

Indirekte Kriterien

- Ökologische Wirkungen
 - CO₂-Fußabdruck
 - Radioakt. Abfall
 - Landnutzung
 - ...
- Ökonomische Wirkungen
 - Kosten/Preise
 - Wettbewerbsfähigkeit
 - ...
- Gesellschaftliche Akzeptanz
- Risiken



1. KRITISCHE KOPPLUNG VON ENERGIE + IKT:

Kritische Punkte bei der Verknüpfung von IKT- und Energienetzen sind IKT-seitig die Datensicherheit und beidseitig die Schwarzstartfähigkeit.



Kritische Kopplung von Energie und IKT

IKT-seitig kritisch: Datensicherheit

- Sowohl zentrale Speicherung von Daten als auch dezentrale Datenverarbeitung in Smart Metern schaffen Angriffspunkte für Cyberattacken (Strüker, Schmeck).
- Es ist sehr wichtig, dass EVU aktuelle Konzepte der IT-Sicherheit einbeziehen + das Sicherheitslevel transparent machen (Schmeck).
- Eine heterogene dezentrale Architektur verringert die Möglichkeiten für großflächige Angriffe (Schmeck).

Beidseitig kritisch: Schwarzstartfähigkeit

- IKT-Stromabhängigkeit bisher weitgehend ignoriert (de Meer).
- Schon heute erfordert Schwarzstart der Stromversorgung detailliert vorgeplanten Aufbau über Inselnetze. Bei enger Kopplung ist für analogen Inselaufbau vorzusorgen (de Meer).



2. REDUKTION VON WISSENSANFORDERUNGEN:

Wissensanforderungen an Störereignisse sind über die Systemgestaltung reduzierbar. Zum Test sind bekannte Unsicherheitsbereiche systematisch zu überschreiten



Reduktion von Wissensanforderungen

Vorbereitet sein auf Ausfälle

- Vorhalten von Notstromaggregaten, Reserven (Birkmann/Bach)
- definierte Kommunikation von EVU + Behörden (Birkmann/Bach)

Adaptive und lernfähige Infrastruktursysteme

- Monitoring kritischer Prozesse + Adaption in Echtzeit (de Meer)
- Automatisierte Auswertung vergangener Störungen (de Meer)

Stresstest durch Simulieren des gestörten Betriebs

- auf technischer Ebene Stresstest durch systematisches Überschreiten der bekannten Unsicherheitsbereiche (de Meer)
- auf sozio-technischer Ebene Stresstest durch durch Störfälle simulierende Planspiele (Birkmann/Bach)



3. REGIONALER AUSGLEICH IM FOKUS:

Bei regenerativen Energiesystemen spielt die regionale Ebene eine zentrale Rolle für die Resilienz in Bezug auf System Services und Ausgleich von Fluktuationen.



Regionaler Ausgleich im Fokus

Nutzung regionaler Ressourcen

- für Akzeptabilität sind lokale Bedürfnisse und Potenziale bzgl. Flächen, Ressourcen, etc. ins Verhältnis zu setzen (Leyens)
- durch Nutzung regionaler Ressourcen kann die Abhängigkeit von überregionalen Ressourcen stark verringert werden (Paech)

Regionaler Ausgleich von Fluktuationen

- Spannungsschwankungen in Verteilnetzen müssen auch dort ausgeglichen werden (Schmeck)
- Subsidiärer Ausgleich von Fluktuationen verringert Komplexität der Steuerung + damit Fehlerquellen (Schlögl, Strüker, Lehnhoff)
- Geeignete Integration von Industrieprozessen ist stark fallspezifisch und muss daher lokal erfolgen (Lehnhoff)



4. KOPPLUNG VON INFRASTRUKTUREN:

Die Kopplung räumlich getrennter als auch verschiedenartiger Infrastrukturen sollte so wenig starr und so optional wie möglich gestaltet werden.



Optionale Kopplung von Infrastrukturen

Komplexitätsrisiken starr gekoppelter Systeme

- Starre Kopplung verschiedener Infrastrukturen birgt Gefahr kaskadierender Ausfälle (Birkmann, Bach)
- Kopplung von Netzen kann deren Eigenschaften ins Gegenteil verkehren (de Meer)

Innovationsfähigkeit optional gekoppelter Systeme

- Starre Abhängigkeiten sind Hemmnis für die Einbindung von Industrieprozessen (Lehnhoff)
- Optionale Kopplungen mit Rückgriffsmöglichkeit auf alternative Systeme verhindern Komplexitätsfallen (Lehnhoff)



Fazit zur Resilienz regen. Energiesysteme

Mit Blick auf Kopplungen drei Resilienzprinzipien

1. Verringerung der Starrheit von Kopplungen, z.B. Kombination aus Nutzung lokal vorhandener Ressourcen + Pufferkapazitäten („Subsidiarität“)
2. Erhöhte Verfügbarkeit von Kopplungen, z.B. Diversifizierung und regelmäßiges Monitoring der Kopplungen
3. Vorsorge für das Versagen von Eigenversorgung und Kopplungen, z.B. Notfallreserven und –pläne

Künftige Bedarfe

- Stresstests von den Resilienzprinzipien genügenden Systemen
- Transformationswissen zur Realisierbarkeit der Resilienzprinzipien



Wdh. Fazit Energiesystem-Leitbilddiskurs

- Es gibt bisher keine systematische Auswertung der verschiedenen Ansätze, Modellversuche und Forschungsprojekte zu eEnergy, Smart Grid u. Microgrid.
 - Es gibt kein integrales Idealkonzept, jedes Modellvorhaben konzentriert sich auf bestimmte Problemkomplexe.
 - Das Zusammenspiel sozialer, technischer und informationeller Architekturen des Energiesystems bedarf systematischer Forschungsanstrengungen.
 - Es fehlt bei fast allen eEnergy-Modellvorhaben eine Kontinuität, so bleibt es überwiegend nur bei Simulationen, die die prinzipielle Möglichkeit dezentraler EE-Versorgungskonzepte demonstrieren.
 - Fazit von Frau Kellner-Stoll: Technisch machbare Konzepte stehen bereit, aber die Politik spielt nicht mit.
- Die Transformationsprozesse und ihre Hindernisse müssten jeweils in den Modellen mitberücksichtigt werden.