



Klimaanpassung in der Region

Episode 2: Verletzlichkeit und Resilienz – Klimaanpassungsstrategien in der Metropolregion Bremen-Oldenburg

Prof. Dr. Arnim von Gleich
Universität Bremen



Deutsche Bundesstiftung Umwelt





Übersicht zur gesamten Lerneinheit

Episode 1:

Klimawandel – Klimaschutz – Klimaanpassung

Episode 2:

Verletzlichkeit und Resilienz – Klimaanpassungsstrategien in der Metropolregion Bremen-Oldenburg

Episode 3:

Interview



Lernziele Episode 2:

Lernziel 1:

Sie können Klimaanpassung als Problem des Umgangs mit komplexen Systemen (als Problem des Umgangs mit Unsicherheit) einordnen.

Lernziel 2:

Sie können Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel definieren und zwei Herangehensweisen an eine regionale Verletzlichkeitsanalyse ansatzweise operationalisieren: ereignisgetriebene und strukturbezogene Verletzlichkeitsanalyse.

Lernziel 3:

Sie können zentrale Elemente des Gestaltungsleitbildes „Resiliente Systeme“ nachvollziehen und anhand des Beispiels „Resilientere Energieinfrastruktur“ konkretisieren.



Gliederung dieser Episode

- Das Projekt nordwest 2050: Klimaanpassung in der Metropolregion Bremen-Oldenburg
- Anpassungsstrategien: Was wäre wenn? vs. Egal was kommt!
- Verletzlichkeit und Verletzlichkeitsanalyse
- Das Leitbild Resilienz
- Resiliente(re) Energieinfrastruktur



Klimaeffekte im Nordwesten bis 2100



Quelle: Umweltbundesamt (UBA) 2005, KLIMU Projekt 2001 www.klimu.uni-bremen.de



Projektziele nordwest 2050

Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten

(Gefördert im Rahmen des Förderprogramms Klimzug durch das BMBF)

- Region fit machen für den Klimawandel:
Risiken minimieren - Chancen nutzen!
- Wettbewerbsfähigkeit erhalten und verbessern:
Anpassungsfähigkeit, Innovationsfähigkeit und
Resilienz



Projektziele nordwest 2050

- Dialog und Zusammenarbeit mit Akteuren in der Region
(Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft)
- Gemeinsame Planung und Umsetzung von Innovationsprojekten in ausgewählten Clustern: Hafen/Logistik, Energie, Ernährung, Region/Governance
- Kurz- und mittelfristige Innovationsprojekte, langfristig (2050) „Roadmap of Change“
- Metropolregion als zukünftige Modellregion: „Vorbereitet auf den Klimawandel“ („climate change ready“)



Spezifischer Ansatz

- Nicht nur auf Ereignisse in der Region vorbereitet sein, auch auf Störereignisse entlang der Wertschöpfungsketten.
- Nicht nur Risiken minimieren, auch Chancen ergreifen.
 - Nord-West-Passage?
 - Lernfähigkeit, Innovationsfähigkeit, Resilienz stärken
- Nicht nur auf erwartbare Ereignisse vorbereitet sein („was wäre wenn?“), auch auf Überraschungen („egal was kommt“).



Spezifischer Ansatz

- Nicht nur Pläne schmieden, sondern Wirklichkeit verändern.
 - Technische, organisatorisch-institutionelle und soziale Innovationen
- Nicht nur interdisziplinär arbeiten, auch „transdisziplinär“.
 - Verbindung von wissenschaftlichem Wissen und Praxiswissen



Ausgewählte Arbeitsschritte

Veränderungsbedarf:
Verletzlichkeitsanalyse
Naturraum, Wirtschaft,
Institutionen,
Wertschöpfungsketten

Veränderungsmöglichkeiten:
Innovationspotenzialanalyse
Wirtschaft, Politik,
Zivilgesellschaft

Innovationsprojekte (Roadmaps kurz- und mittelfristig)

Häfen/Logistik

- Resiliente Hafeninfrastruktur und Wertschöpfungsketten
- Green Logistics

Energie

- Resiliente Stromnetze
- Nutzung von Abwärme für Klimatisierung
- Lösungsansätze für Flächennutzungskonflikte (Biomasse)

Ernährung

- Klimaangepasste Sorten und Rassen
- Differenzierte Qualitätsproduktion
- Flächennutzungskonflikte

Region/Governance

- Vernetzung
- Risikokommunikation
- Unternehmensstrategien zur Bewältigung des Klimawandels
- Verbraucherverhalten

Roadmap of Change (2050)



Klimaanpassung - ein Prognoseproblem?

- Das Klima als komplexes System
- Klimamodelle: Komplexe Interaktionen und Wissenslücken (z.B. Wolken)
 - Unsicherheiten durch begrenzte Kenntnis des Klimasystems
 - Unsicherheiten durch Defizite der Modelle
 - Kipppunkte (tipping elements) im Klimasystem?
- Emissionsszenarien – Annahmen über Zusammenhänge, Kontingenz, ...
- Kopplung von Klimamodellen mit Emissionsszenarien – A1, A1B, B1...
- Wirkungen des komplexen Systems Klima auf komplexe ökologische, technische, ökonomische und soziale Systeme?



Umgang mit Unsicherheit

- Je unsicherer die erwartbaren Auswirkungen des Klimawandels, desto unmöglicher eine auf Erwartbares aufbauende Anpassungsstrategie.
- Klimaanpassung ein Problem des Umgangs mit (und der Kommunikation von) Unsicherheit!
- Wir müssen besser werden im Umgang mit dem Unerwarteten.

➤ **Win-Win-Win**



Aspekte der Verletzlichkeit/Vulnerabilität

- Theorietradition aus Psychologie und Katastrophenforschung später auch technische Systeme (Verletzlichkeit der Informationsgesellschaft)
- Erwartbare Störimpulse
- Tragekapazitäten
 - Carrying capacities
 - Ecological footprint (Input)
- Tragekapazitäten und Störimpulse
 - Beschränkung der Erwärmung auf 2 °C
- Schwachstellen und Verarbeitungskapazitäten
 - In Bezug auf bestimmte Ereignisse
 - In Bezug auf systematische Schwächen



Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel: Vulnerabilitätsanalyse

Operationalisierte Definition

(Aufbauend auf „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ unter www.bmu.de/klimaschutz/anpassung_an_den_klimawandel)

- Vulnerabilität ist Funktion von:

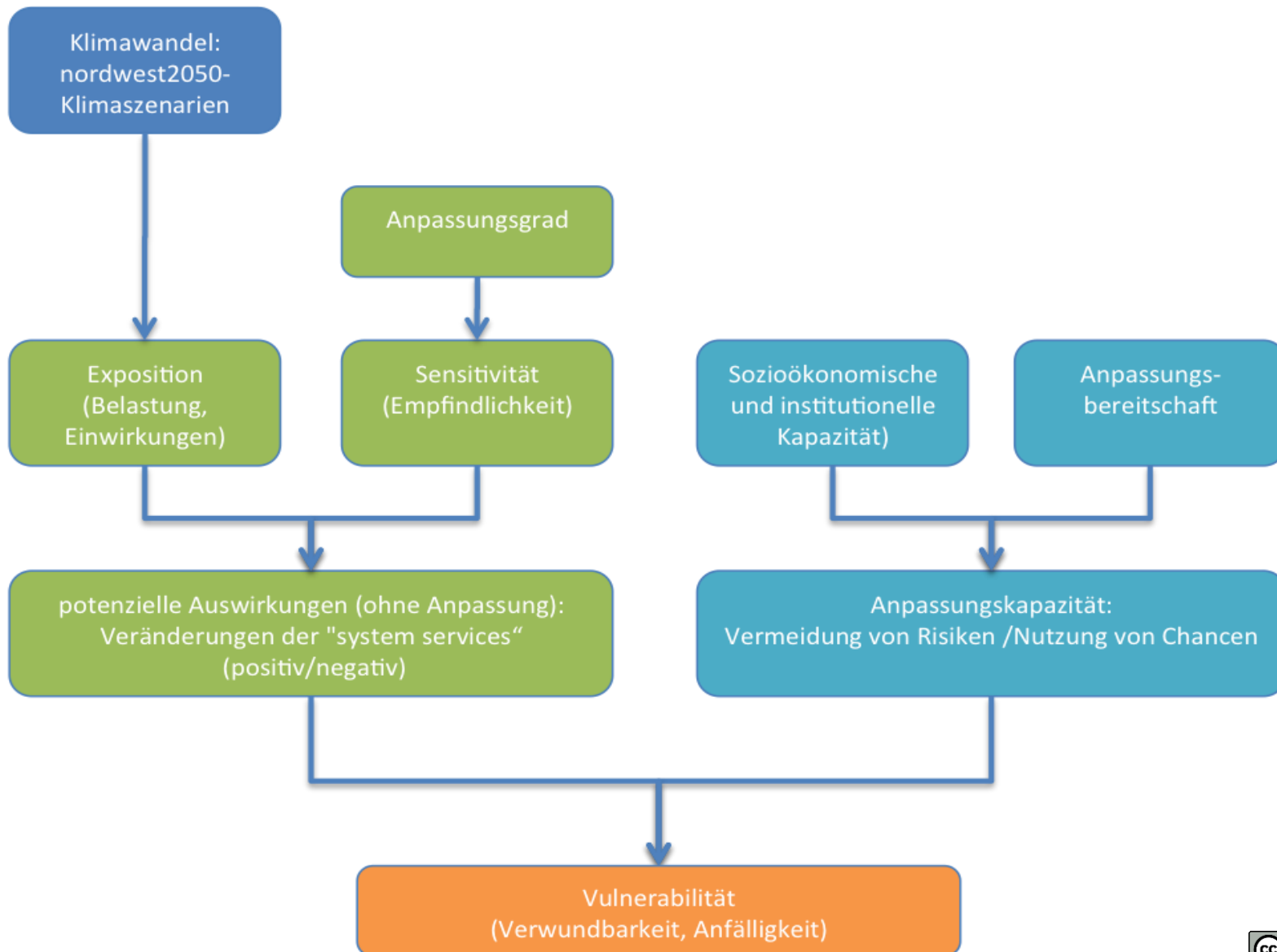
$$V = f (E, S, Ak)$$

mit Exposition (E), Sensitivität (S), Anpassungskapazität (Ak)

- Verarbeitungskapazität (“coping ability”) aktiver als Anpassungskapazität (“adaptive capacity”)



Vulnerabilitätsanalyse





Ereignisgetriebene Vulnerabilitätsanalyse

- Erfolgt nach dem „Was wäre wenn-Ansatz“
(Vorbild Gefahrstoffmanagement)
- Analysiert die Systemreaktionen auf Störereignisse
 - Störereignis (z.B. Klimasignal)
 - Exposition des Systems
 - Sensitivität diesen Störereignissen gegenüber
und
 - Verarbeitungskapazität
- Klimawandelbezogene Vulnerabilitätsanalyse



Mögliche Konsequenzen / Maßnahmen

- Vermeidung / Verringerung der Exposition (Siedlungsplanung, ...)
- Verringerung der Sensitivität (Containment, Deichbau, Puffer, Dämpfung, ...)
- Verbesserung der Anpassungskapazität (Redundanz, Immunsystem, roadmap of change...)



Ereignisgetriebene Vulnerabilitätsanalyse im Energiesystem

- Bsp. Störereignis Stürme mit Blick auf Stromleitungen
- Ist das System gegenüber dem Störsignal überhaupt exponiert?
 - Ja bei Überlandleitungen/Strommasten, nein bei Erdkabeln.
- Kann das System durch das Störsignal überhaupt gestört werden? Sensitivität gegenüber dem Störsignal?
 - Windangriffsflächen, Qualität der Stähle usw.
- Verfügt das System über Fähigkeiten und Strukturen, die das Störsignal so verarbeiten können, dass die Systemdienstleistungen aufrecht erhalten werden können?
Aspekte der Verarbeitungskapazität:
 - Netzsteuerung, Reparaturtrupps usw.



Strukturbezogene Vulnerabilitätsanalyse

- Notwendig, weil die Vorbereitung auf erwartbare Störereignisse allein keinen adäquaten Umgang mit Zukunft darstellt,
- weil mit Überraschungen gerechnet werden muss was-wäre-wenn reicht nicht aus, bloße Reparaturen (Abdichten, Deich bauen) greifen zu kurz, sind evtl. sogar kontraproduktiv...
 - „Lernen mit Unsicherheit und Wandel zu leben“
- Notwendig, weil wichtige Voraussetzung für Übertragbarkeit. Die „roadmap of change“ für die Region darf sich nicht allein am Anpassungsbedarf an den Klimawandel ausrichten.



Strukturbezogene Vulnerabilitätsanalyse

- Erfolgt nach dem „*Egal was kommt-Ansatz*“

Analysiert die Systemverlässlichkeit (Vorbilder FMEA, FMECA, FTA, Ursache-Wirkungs-Diagramm):

- Schwachstellen, die nachgeben können, wenn das System unter Stress gerät
- Ausbreitung der (inneren) Störung im System (Fehlerausbreitung)
- Kritische Systemelemente und ggf. Quantifizierung der Einschränkung der Systemdienstleistung
- Anpassungskapazität - unabhängig von bestimmten externen Störereignissen



Mögliche Konsequenzen / Maßnahmen

- Stärkung der Resistenz (Trägheit) des Systems
 - Balance von negativen und positiven Rückkopplungen, Puffer, Dämpfung ...
- Verbesserung der Ausfallsicherheit
 - Verbreiterung der Ressourcenbasis, Vielfalt, Redundanz, Speicher, (Teil)autonomie ...
- Stärkung der Abwehrkräfte
 - „Immunsystem“, Frühwarnsysteme ...
- Stärkung der Anpassungsfähigkeit
 - Reparaturfähigkeit, Selbstheilung, Lernen, Innovationsfähigkeit ...



Resilienz als Leitbild

Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Systems, seine Dienstleistungen auch unter Stress und in turbulenten Umgebungen (trotz massiver äußerer Störungen und interner Ausfälle) aufrecht zu erhalten.

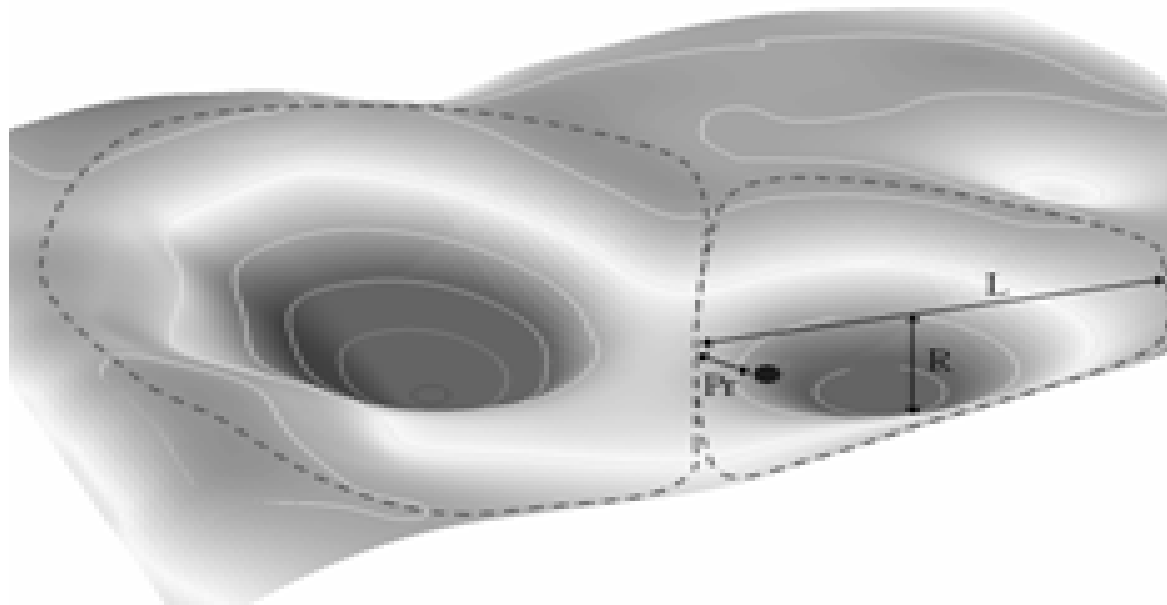
➤ Vorbild Ökosysteme

Anknüpfungspunkte:

- Robuste und zur Selbstreparatur fähige Systeme (IT-Infrastrukturen)
- Eigensichere Systeme (Sicherheitstechnik , fail save Prinzip im Flugzeugbau)
- Lernfähige Systeme, smart systems



Dimensionen der Resilienz



Maße für Resilienz

- L = Latitude, Breite des Attraktionsbeckens (Spielraum innerhalb dessen sich das System erholen kann)
- R = Resistance (Widerständigkeit gegenüber Auslenkungen)
- Pr = Precariousness (Gefährdung, Abstand zu einem ‚tipping point‘)



Resiliente Systeme

"Resiliente Systeme"

Dimensionen der Resilienz

Latitude

width of basin of attraction
Verschiebung der
Schwellenwerte

Panarchy

Beeinflussung
skalenübergreifender
Parameter

Resistance

Erreichbarkeit des
Schwellenwertes
erschweren

Precariousness

Verschiebung des Systems
weg vom Schwellenwert

Gestaltungsziel:

• *Aufrechterhaltung der Systemservices*

Gestaltungselemente

Systemfähigkeiten

- Resistenz (Reparaturfähigkeit z. B. durch Selbstheilungsmechanismen)
- Adaptivität (Lernfähigkeit z. B. durch Informationsverarbeitung und/oder ein Immunsystem) ...
- Wandlungsfähigkeit (z.B. Selbstorganisation)

Systemressourcen

- Energie und Materie
- Information /Kommunikation
- Institutionen

Systemstrukturen

- Vielfalt / Diversität
- Redundanz zentraler Elemente (eine Voraussetzung hierfür ist ggf. Modularität)
- Rückkopplungsmechanismen (insb. das Verhältnis von positiven und negativen RM)
- Pufferkapazitäten (z. B. durch (Zwischen)Speicher)
- Dämpfer



Verwandte Leitbilder und Trends aus den Ingenieurwissenschaften

Leitbilder:

- Robustheit
- Eigensicherheit
- Vernetztheit
- Fehlerfreundlichkeit bzw. Fehlertoleranz
- Versagenssicherheit

Trends:

- Selbstreparatur (software)
- Selbstorganisation
- Smart Materials (anisotrop, reagierend, selbstheilend)
- Smart Systems
- Biomimetik



Beispiel: Resilientere Stromnetze

- Netzstabilität als klassische Aufgabe von Netzbetreibern:
 - Permanenter unmittelbarer Abgleich von Stromangebot und -nachfrage
- Durch Klimaschutzstrategien gerät das Netz zusätzlich unter Druck
- Dezentrale Einspeisung:
 - Off-Shore-Windparks
 - Biogasanlagen
 - Photovoltaik
 - ...



Resilientere Stromnetze

Lösungsansätze:

Verbessertes Lastmanagement

- Netzsteuerung (software/hardware => Smart grids, virtuelle Kraftwerke)
- Dezentrale Bedarfssteuerung (smart metering / smart grids)

Energie- bzw. Stromspeicherung

- Druckluftspeicher?
- Batterien (zentral und dezentral – z. B. in Elektroautos?)
- Kondensatoren?

Teilautonome Netze (kurzfristig abkoppelbar)



Beispiel: Energiedienstleistungen auf Basis von Restwärme

Problemlage:

- Kühlen, Klimatisieren, Trocknen bisher meist auf Basis elektrischen Stroms (high exergy solution)
- Zunehmender Klimatisierungsbedarf belastet das Stromnetz zusätzlich

Lösungsansätze:

- Energiedienstleistungen auch auf Basis von Restwärme technisch möglich (z. B. Ad- bzw. Absorptionskälteanlagen) (low exergy solutions)
- Nutzung von industrieller Abwärme zur Kühlung und Klimatisierung, Fernwärme im Sommer zur Kühlung von Lagerhäusern, Abwasserwärmenutzung



Energiedienstleistungen auf Basis von Restwärme

Vorteile im Sinne der Klimaanpassung:

- Zunehmender Anfall von Restwärme durch Klimawandel und Klimaschutz (Solarthermie, KWK, ...)
 - Abfall wird Ressource; Nutzen von Chancen des Klimawandels
- Nutzung zusätzlicher (dezentraler) Ressourcen (Abwärme)
 - Verbesserung der Versorgungssicherheit, Verbreiterung der Ressourcenbasis
- Neue Märkte, Bedarfe, Geschäftsfelder ➤ Chancen ergreifen
- Entlastung des Stromnetzes
 - Erhaltung/Verbesserung der Reaktionsreserven
- Verbindung von Klimaschutz (mitigation) und Klimaanpassung (adaptation)



Zusammenfassung

- Projektziele und –ansatz „nordwest 2050“
- Umgang mit Unsicherheit
- Verletzlichkeit und Vulnerabilitätsanalyse ereignisgetrieben (Was-wäre-wenn?) strukturbezogen (egal-was-kommt!)
- Resilienz als Gestaltungsleitbild für funktionsstabile Systeme unter turbulenten Rahmenbedingungen
- Beispiele aus dem regionalen Energiesystem



Aufgaben für das Selbststudium

1. Recherchieren Sie in der internationalen wissenschaftlichen Literatur über Globalen Wandel und Klimawandel nach den Leitbegriffen Vulnerabilität (vulnerability) und Resilienz (resilience) und beurteilen Sie vor diesem Hintergrund die Forschungs- und Entwicklungsziele, den Ansatz und die Methoden von nord-west 2050 (www.nordwest2050.de).
2. Recherchieren Sie in der internationalen wissenschaftlichen Literatur nach den Begriffen „low exergy solutions“ sowie „smart grids / smart metering“ und reflektieren Sie darüber, ob bzw. inwiefern die Energieversorgungsunternehmen ein Eigeninteresse an der Umsetzung derartiger Innovationen haben.



Literatur und Quellen

- Füßel, Hans-Martin; Klein, Richard J. T.: Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking, Climatic Change (2006) 75: 301–329
- Smit, Barry A.; Wandel, Johanna: Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Global Environmental Change, No.16, 2006, pp.282-92
- Brand, Fridolin: Resilience and Sustainable Development: An Ecological Inquiry. Dissertation, Lehrstuhl für Landschaftsökologie, Technische Universität München 2009
online verfügbar: <http://mediatum2.ub.tum.de/node?id=796561>
- Verbundvorhaben LowEx: Heizen und Kühlen mit Niedrig-Exergie, <http://www.lowex.de/lowex.html>
- Smart Grids – European Technology Platform: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future, www.smartgrids.eu/