



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Innovationsökonomische Analyse technischer Entwicklungen – Fallbeispiel Photovoltaik-Stromspeicher

von

Paul Kunz; MBA

Prof. Dr. Dirk Rübelke

Lehrstuhl für allgemeine VWL, insb. Rohstoffökonomik
TUB Freiberg

Dr. Stefan Vögele

Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-STE)
Forschungszentrum Jülich



Innovationsökonomische Analyse technischer Entwicklungen – Fallbeispiel Photovoltaik-Stromspeicher

Agenda

1. Zielstellung der Arbeit
2. Vorstellung der Methodik
3. Vorstellung der Innovationsökonomischen Entwicklungsphasen
 - I. Wirtschaftswunder (1950er bis 1960er Jahre)
 - II. Ölkrisen (1973 bis 1980er Jahre)
 - III. Umweltbewegung (1980er bis 1990er Jahre)
 - IV. Liberalisierung (1990er Jahre bis 2005)
 - V. Erneuerbare-Energien-Gesetz und PV-Boom (2000 bis 2012)
 - VI. Aktuelle Situation und Ausblick
4. Fazit und Ausblick



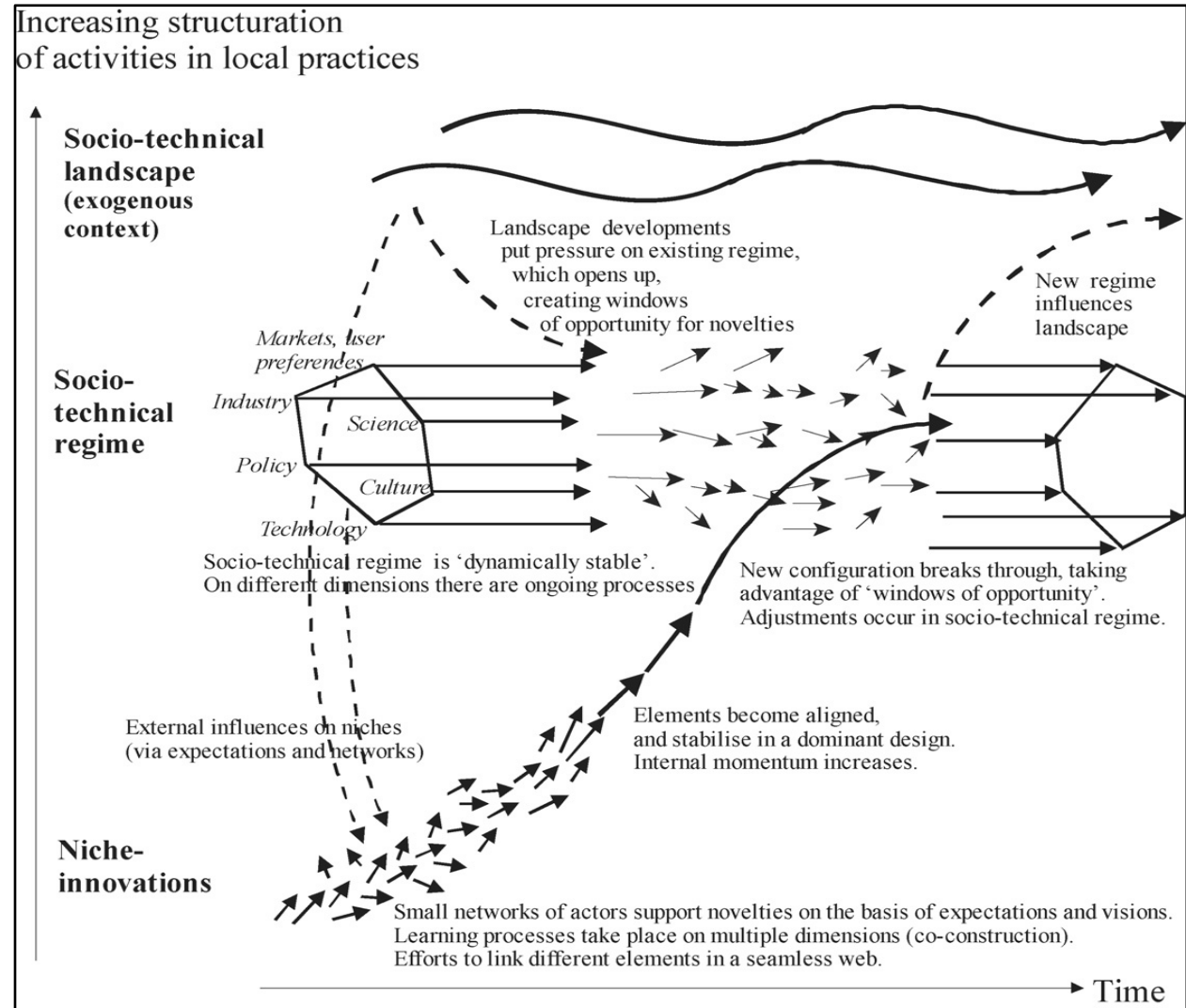
Innovationsökonomische Analyse technischer Entwicklungen – Fallbeispiel Photovoltaik-Stromspeicher

1. Zielstellung der Arbeit

- Definition und Darstellung von (PV-)Stromspeichern
- Analyse des Innovationsverlaufs von Stromspeichern in Verbindung mit PV-Anlagen
- Ableitung der wichtigsten ökonomischen und regulatorischen Einflussfaktoren

2. Die Multi-Level-Perspektive

- **Landscape:**
exogene Rahmenbedingungen mit Auswirkung auf Regime und Nischen
- **Regime:**
sozio-technisches System mit gefestigten Werten und Routinen
- **Nischen:**
Separierte Bereiche außerhalb der marktwirtschaftlichen Selektionsprozesse



Prozesse und Elemente in der Multi-Level-Perspektive; Quelle: GEELS & SCHOT (2007, S. 409)

2. Die Multi-Level-Perspektive

Transformationsprozesse in der MLP:

- Regimeanpassung
- Neuordnung
- Substitution
- Regimezersetzung
- Sequentielle Regimeablösung

Nischenintegrationsbedingungen:

1. Dominantes Design durch Lernprozesse
2. Integration machtvoller Akteure
3. Vergangene und perspektivische Verbesserung des Preis/Leistungs-Verhältnisses
4. Kumulierter Marktanteil von mindestens 5%

4. Innovationsökonomische Phasen für PV-Stromspeicherentwicklung

1. Wirtschaftswunder (1950er bis 1960er Jahre)
2. Ölkrisen (1973 bis 1980er Jahre)
3. Umweltbewegung (1980er bis 1990er Jahre)
4. Liberalisierung (1990er Jahre bis 2005)
5. Erneuerbare-Energien-Gesetz und PV-Boom (2000 bis 2012)
6. Aktuelle Situation und Ausblick



Innovationsökonomische Analyse technischer Entwicklungen – Fallbeispiel Photovoltaik-Stromspeicher

Wirtschaftswunder- und Ausgangsphase (1950er bis 1960er) Phase 1

Landscape: • starkes Wirtschaftswachstum und wachsender Wohlstand

Regime: • Regulierte Monopole (staatliche Preisaufsicht)
 • zentrale Großkraftwerke auf Kohle- und Ölbasis

Nische: • Batterieentwicklung und Atomenergie

Ölkrise (1973 bis 1980er) Phase 2

- Landscape:
- Exogene Preisschocks durch Angebotsverknappung
- Regime:
- Bestrebungen zur Verbesserung der Energiesicherheit
 - Diversifikation des Energieangebots
- Nische:
- Erste PV-Speicher Anwendungen zur dezentralen Versorgung
 - Nachtspeicher (dezentrale Wärmeenergiespeicher) zur Optimierung der Kraftwerksfahrpläne

Umweltbewegung (1980er bis 1990er)

Phase 3

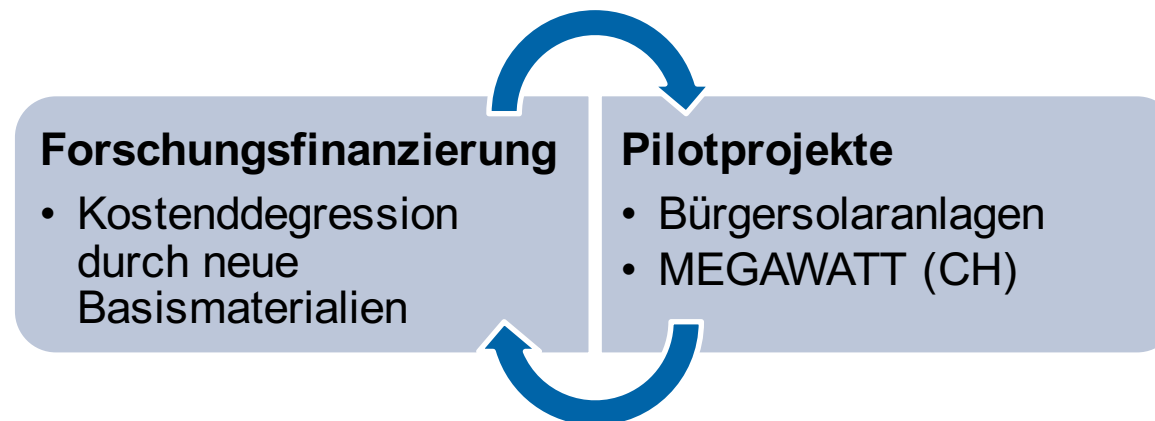
Landscape:

- Umweltauswirkungen aus Energiewirtschaft werden sichtbar (Waldsterben, AKW-Unfälle, Klimawandel)

Regime:

- Gesetzlich verbindliche Umweltschutzmaßnahmen
- Stakeholderorientierung der EVU wächst

Nische:





Innovationsökonomische Analyse technischer Entwicklungen – Fallbeispiel Photovoltaik-Stromspeicher

Liberalisierung (1) (1990er bis 2005)

Phase 4

Landscape:

- hohe Energiekosten in Europa
- Kultur der Deregulierung und Privatisierung

Regime:

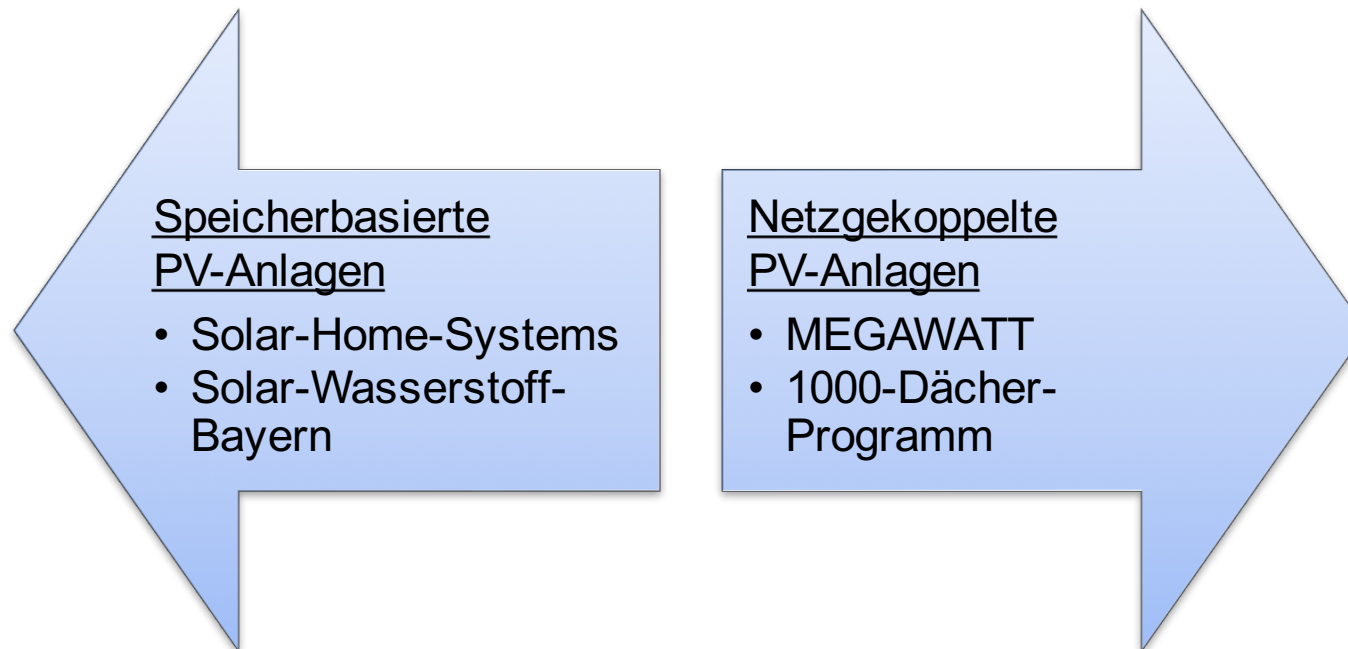
- Energiewirtschaft gilt in Technik und Organisation als ineffizient
- Energiewirtschaftsgesetz (1998)
 - Unbundling
 - europäisierter Wettbewerb
 - Netzzugang für Dritte
- Zusammenschlüsse der Energieversorgungsunternehmen

Liberalisierung (2) (1990er bis 2005)

Phase 4

Nische:

- Weitere Erhöhung der Forschungsförderung
- Globales Wachstum der PV-Branche
- Vernetzung der Akteure (Industrie, Politik, Nutzer)



EEG und PV-Boom (1) (2000 bis 2012)

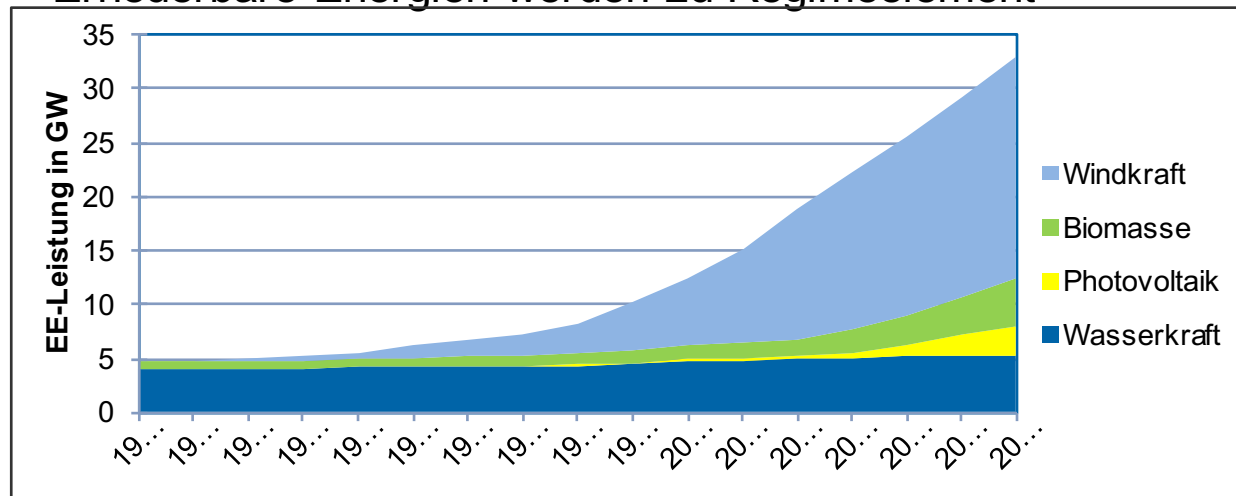
Phase 5

Landscape:

- Institutionalisierung des Klimaschutzes
- Wechsel der Bundesregierung

Regime:

- Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (2000)
 - Degressive technologieabhängige EE-Vergütung
 - Vorrangige Einspeisung EE
- KWK-Gesetz (2002)
- Treibhausgas-Zertifikatehandel (2004)
- Erneuerbare Energien werden zu Regimeelement



Installierte Kapazität erneuerbarer Energien in Deutschland; eigene Darstellung; Quelle: BMWI (2014)

EEG und PV-Boom (2) (2000 bis 2012)

Phase 5

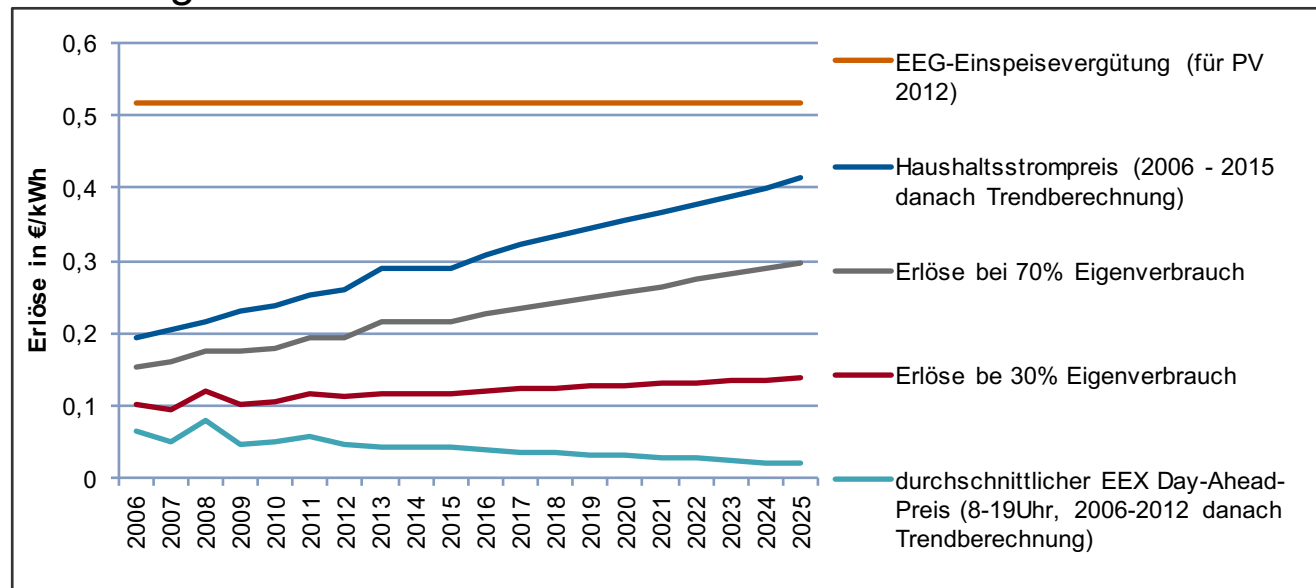
Nische:

- speicherbasierte PV verbleibt in Nische
- vollständige Einstellung der Speicherforschungsfinanzierung

⊕ Batteriemarkt wächst (9% p.a.)

⊕ Weitere Projekte zur Inselnutzung von PV

⊕ Beginn der Elektromobilität



Strompreisentwicklung und Eigenverbrauchserlöse; eigene Darstellung; Quellen: EEX (2012), BDEW (2015)

Aktuelle Situation (1)

Phase 6

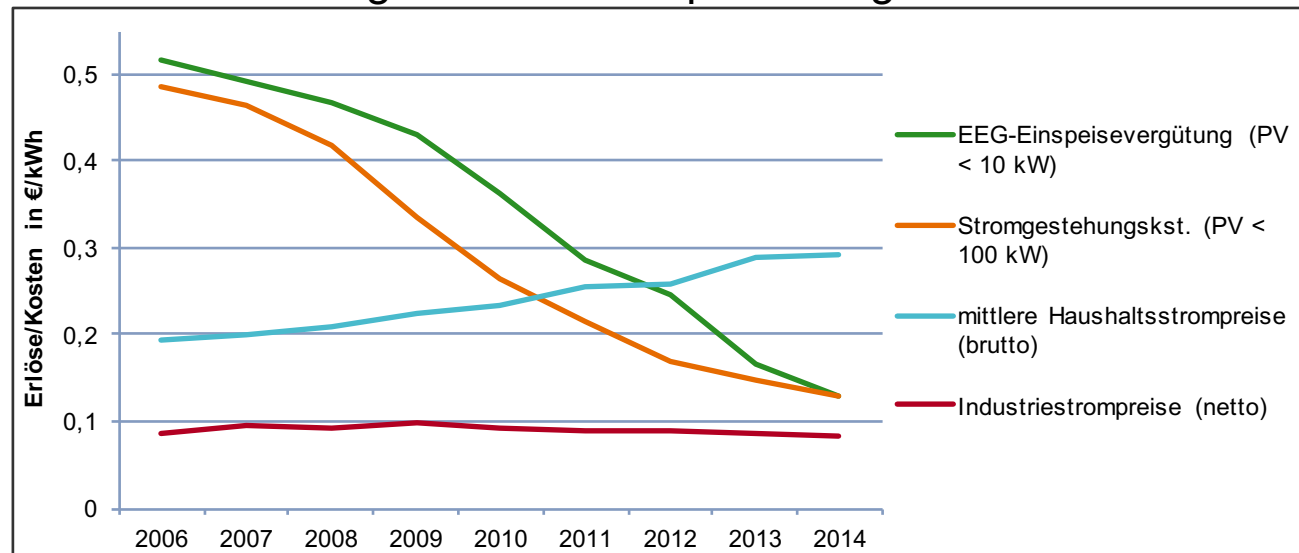
- Landscape:
- Neue EU-2030-Ziele zu Treibhausgasemissionen und EE
 - Sinkende Börsenstrompreise
- Regime:
- Marktstrukturen verändern sich
 - Große EVU verlieren Marktanteile
 - Engagement in Kohleverstromung geht zurück
 - Flexibilität der Energieerzeugung wird forciert
 - PV-Förderung auf Kapazität von 52 GW begrenzt
 - Neue Vermarktungsstrategien werden gesucht
 - Stromgestehungskosten für PV sinken

Aktuelle Situation (2)

Phase 6

Nische:

- Energieeffizienz und –Speicherforschung wird verbessert
- Stromspeicherkosten sinken
 - Erhöhte Produktionskapazitäten u.a. aus E-Mobilität
- EEG-Umlage für Kleinanlagen (<1MW) läuft vrstl. 2018 aus
 - Stromspeicher könnten PV-Potential erhöhen
- Netzparität wurde 2012 erreicht
 - Eigenverbrauchsoptimierung steht nun im Vordergrund



PV-Netzparität; eigene Darstellung; Quellen: PV-GUIDE (2015), STATISTA (2015), EUROSTAT (2015)

Aktuelle Situation (3)

Phase 6

Haben Stromspeicher die Nische verlassen?

- Dominates Design
 - Nein.
 - Blei- vs. Lithiumbasis;
 - Quartierspeicher vs. Privatspeicher ...
- Integration machtvoller Akteure
 - Teilweise.
 - Lobbyarbeit von Seiten PV-Akteure läuft an;
 - Industrie beginnt Bearbeitung des Marktes;
 - Zuarbeit von E-Mobilitäts-Akteuren
- Verbesserung des Preis/Leistungsverhältnisses
 - Ja.
 - Preisdegression von 11-18% p.a.
- Marktanteil von 5%
 - Nein.
 - 15.000-17.000 installierte Systeme ($\approx 1,8\%$ der privaten PV-Anlagen)

5. Fazit und Ausblick

Warum wurden PV-Speicher nicht parallel zur PV in das Regime integriert?

- Ertragsorientierte Förderpolitik nach EEG
- Rückgang der Forschungsfinanzierung
- Fehlende regulatorische Einordnung von Stromspeichern

Warum wächst der Markt für stationäre PV-Stromspeicher seit 2013 signifikant?

- Erreichen der Netzparität
- Erwarteter Anstieg der Haushaltsstrompreise
- Wachstum des Batteriemarktes sorgt für Kostendegression
- Staatliche Förderprogramme



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!