
Zur Transformation des Energiesystems auf der Grundlage eines neuen Sektordesigns

Impulsvortrag bei der IHK Böblingen

Böblingen, den 27. Oktober 2022

Prof. Dr. Uwe Leprich



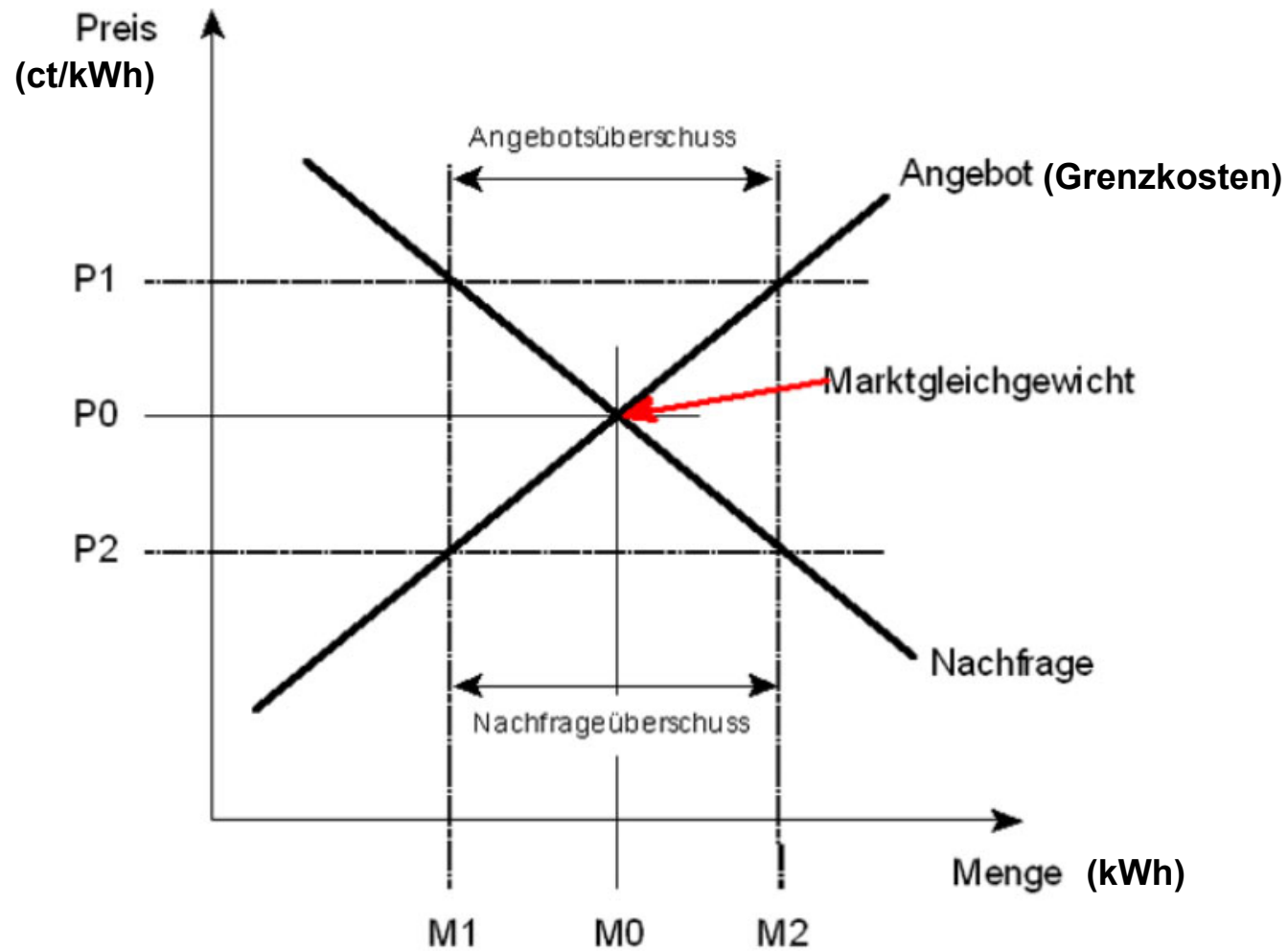
Uwe Leprich

- seit April 1995: Professor an der HTW in Saarbrücken, zuständig für Wirtschaftspolitik, Energiewirtschaft und Nachhaltigkeit
- 1999 Mitbegründer des Instituts für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) als An-Institut der HTW, 2008 – 2016 Mitglied der wissenschaftlichen Leitung des IZES
- Mitglied der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ 2001-2002
- von 2010 bis 2019 Alternate Board Member of the Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER) der EU
- Von 1. April 2016 bis 31. März 2018
Abteilungsleiter Klimaschutz und Energie beim Umweltbundesamt (UBA) in Dessau-Roßlau



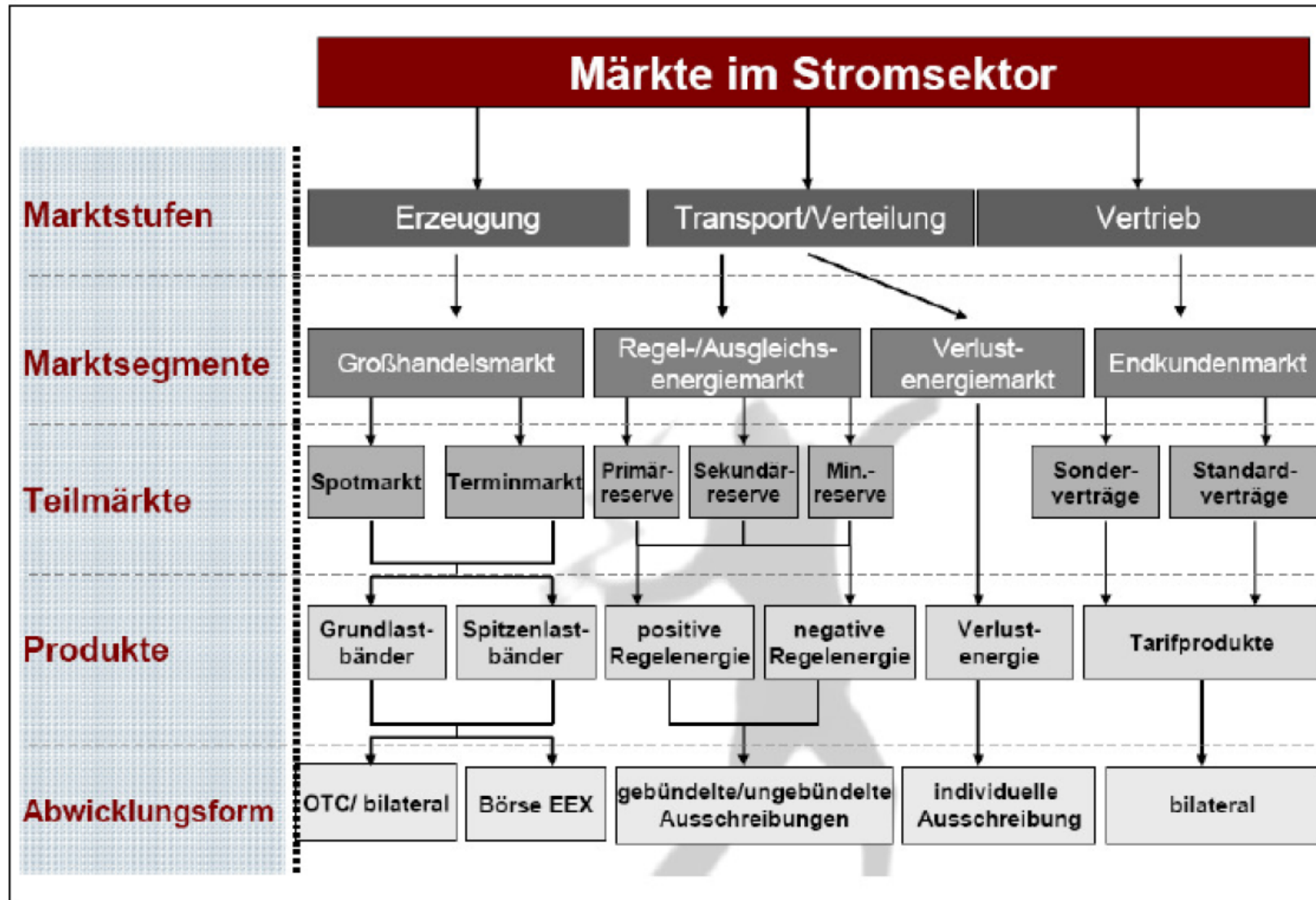
1. Marktdesign – Sektordesign: mehr als Semantik!

„Der“ Strommarkt

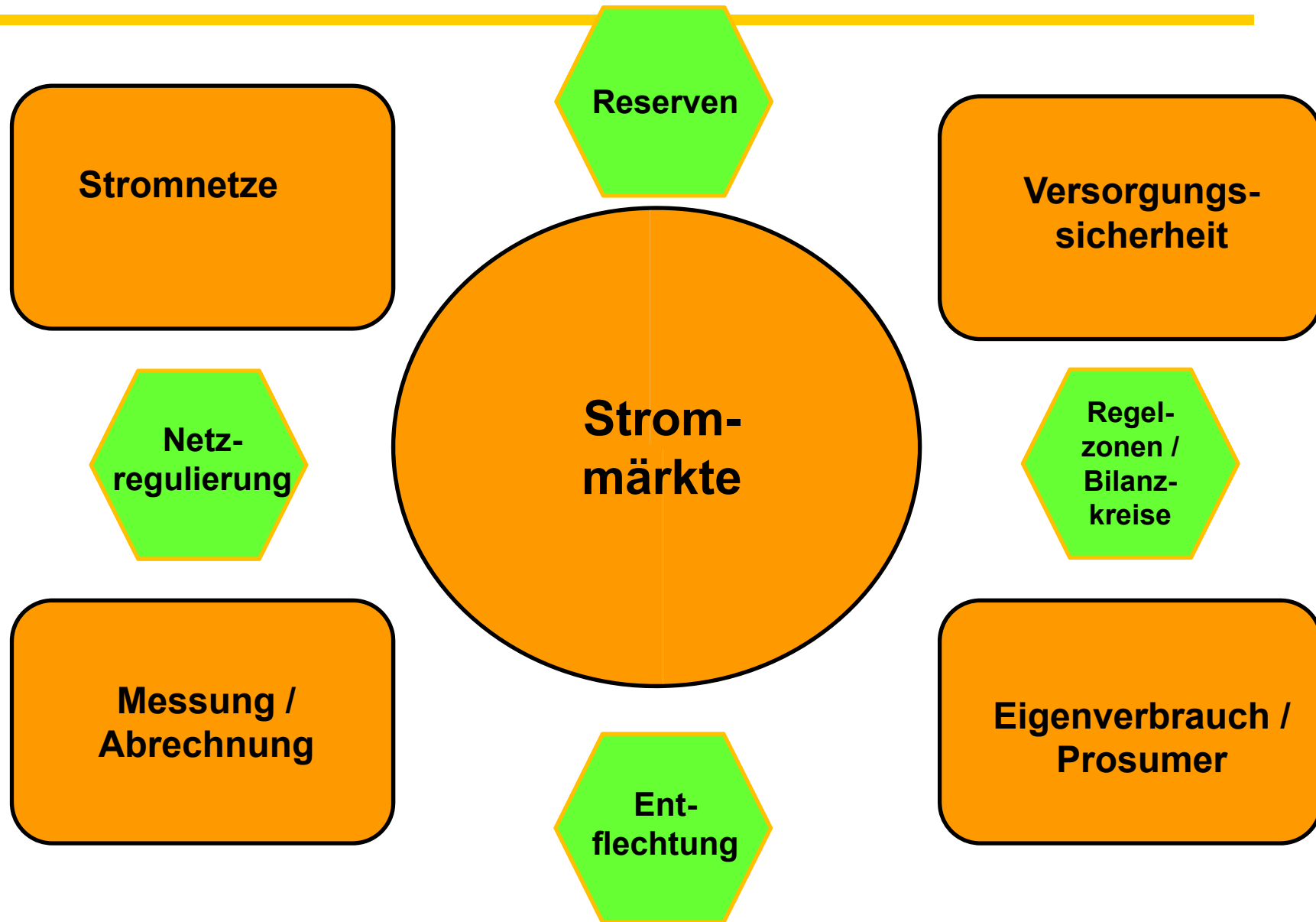


Quelle: nach http://www.swisskbit.ch/vwl_angebot_nachfrage.htm

Die Strommärkte



Der Stromsektor: wesentliche Elemente

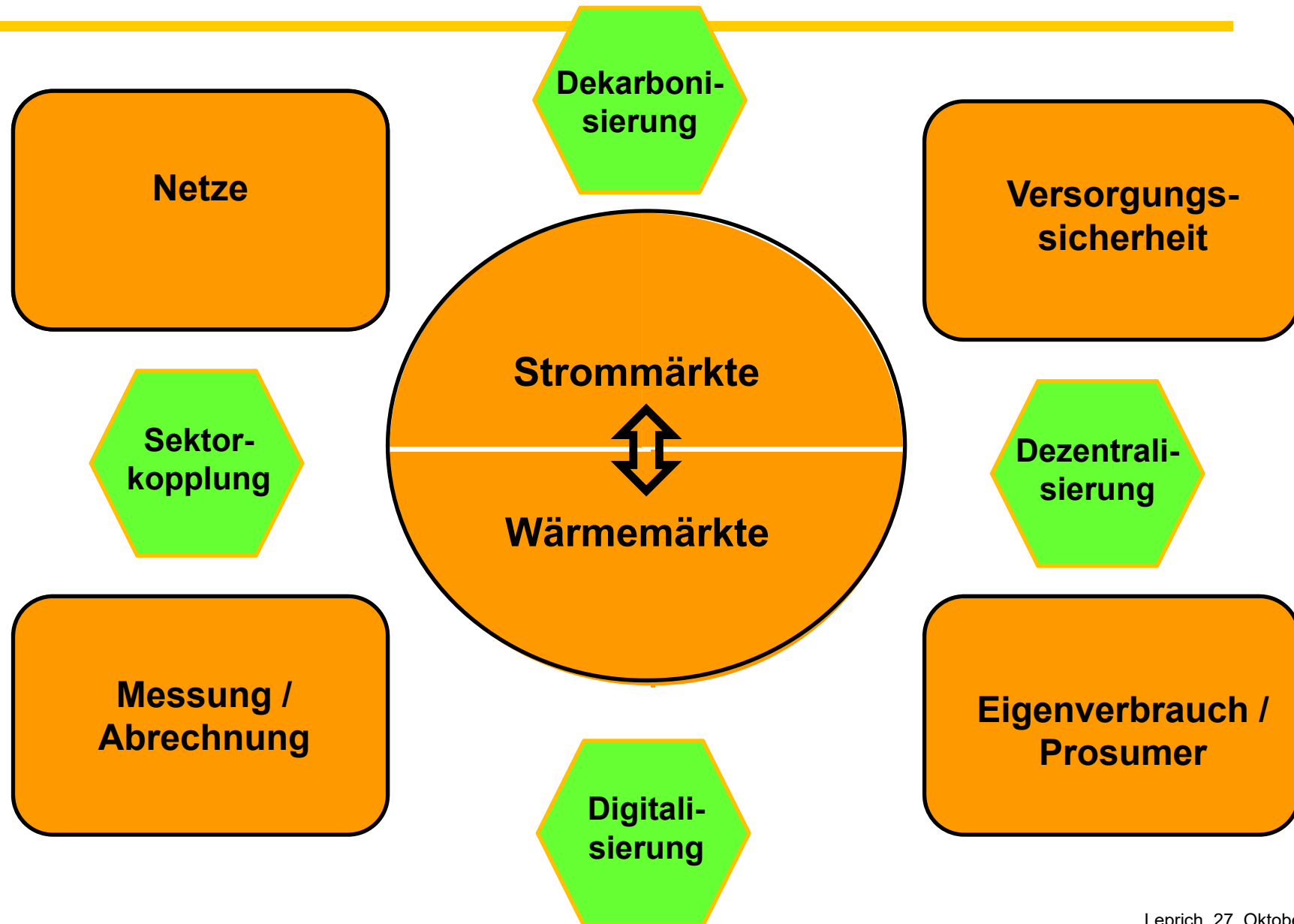


Politische Ergänzungen des Liberalisierungs-Lehrbuchs

- Erneuerbares Energie Gesetz (EEG)
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
- Atom(ausstiegs-)gesetz (AtG)
- Kohleausstiegsgesetz
- Energiesicherungsgesetz (EnSiG)
- Last-Abschaltverordnung (AbLaV)
- Netzreserveverordnung

Es gibt keinen „Strommarkt“, sondern einen hochkomplexen Sektor, dessen Regelwerk sich ständig weiter entwickelt und sowohl politischen Zielsetzungen als auch realweltlichen Abweichungen von der Lehrbuchlogik Rechnung trägt.

Der Strom-Wärme-Sektor: Herausforderungen



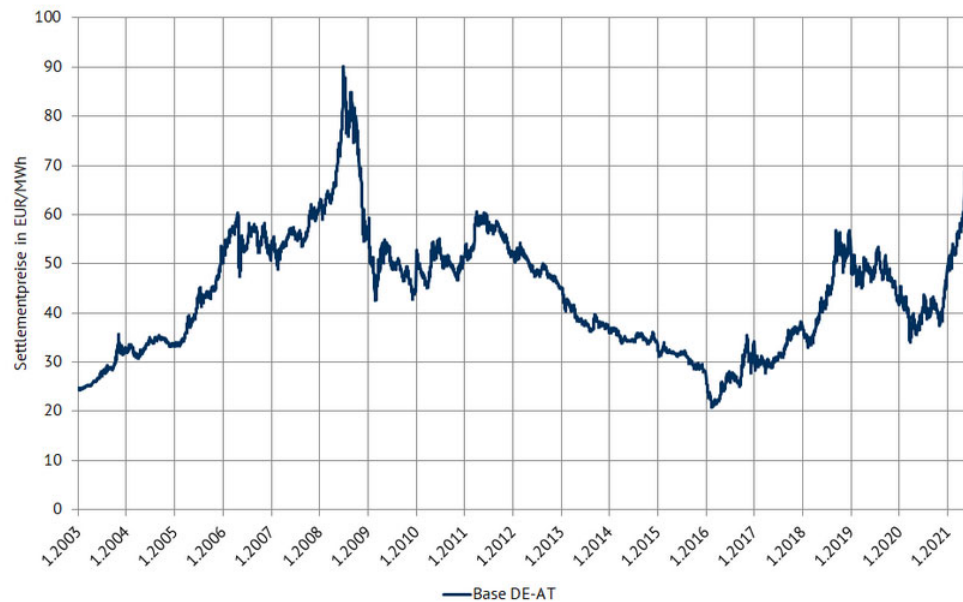
Zwischenfazit

- Die Diskussion zum „Strommarktdesign“ springt zu kurz; es geht um das Design des zusammenwachsenden „Strom-Wärme-Sektors“
- Die Triebfedern dieser Sektorkopplung sind Dekarbonisierung, Digitalisierung und Dezentralisierung
- Bislang ist eine systemische Grundsatzdiskussion über einen re-designten Strom-Wärme-Sektor weder in Brüssel noch in Berlin ein Thema

2. Warum ein neues Design?

a) 20 Jahre Liberalisierung – Zeit für eine Überprüfung der Kernelemente

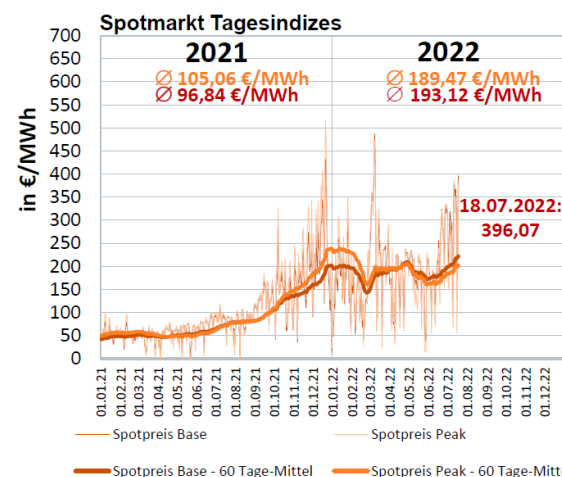
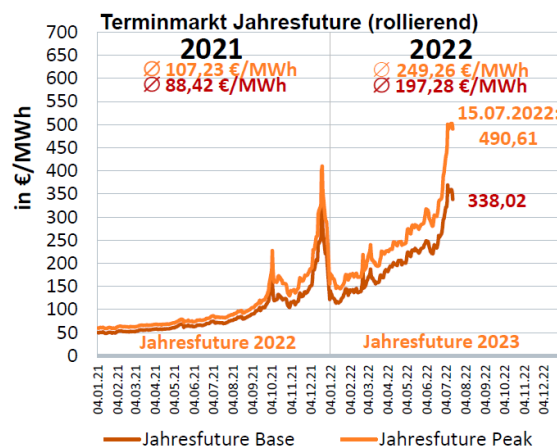
Großhandelsmarkt / Strombörse



Wer investiert auf dieser Grundlage in neue Anlagen?

Preisentwicklung Strombörse

01.01.2021 – 15.07.2022 (Terminmarkt), – 18.07.2022 (Spotmarkt)



Daher:

- EEG
- KWK-G
- Kapazitätsreserve
- ...

Netzregulierung



Bundesnetzagentur
für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen

- Die Regulierung der Stromnetze reizt auch heute noch im Wesentlichen das Vergraben von Kupfer an
- Die Regulierung der Gasnetze ist noch nicht in der Welt der Dekarbonisierung angekommen
- Von der Regulierung der Netze gehen bislang nur sehr wenige Innovationsimpulse aus
- Die Digitalisierung ist bislang kaum in der Netzregulierung angekommen
- Die Netzentgelte müssen netzdienlicher gestaltet werden

Leprich, 27. Oktober 2022

Versorgungssicherheit

- Der großflächige Netzausbau stockt (2.134 von geplanten 12.234 km fertiggestellt) – Kupferplatte bleibt Wunschdenken
- Anstieg der Kosten des Engpassmanagements von 2020 auf 2021 um über 60%
- Zentrale Sicherung der Versorgung durch Netzreserve, Kapazitätsreserve und Sicherheitsbereitschaft – bei zunehmend dezentralen Beiträgen zur Erzeugung



<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/916903/umfrage/volumen-redispatchmassnahmen-im-deutschen-uebertragungsnetz/>

Leprich, 27. Oktober 2022

Quelle:

- Leprich, 27. Oktober 2022

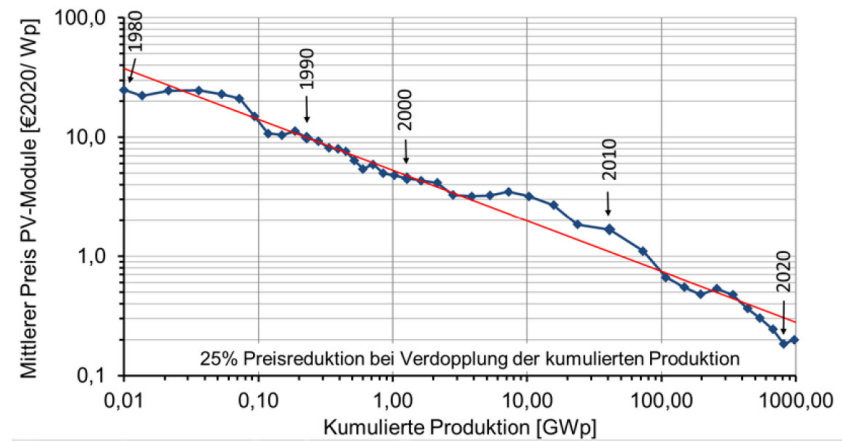


b) Innovationen und Kostendegressionen: seit einigen Jahren insbesondere bei dezentralen Technologien

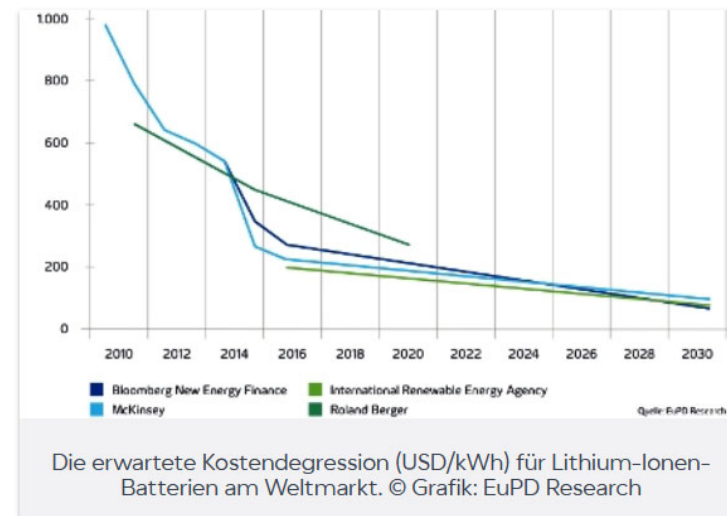
Solarzellen und Batteriespeicher



These files are licensed under the [Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Quelle: ISE 2022



<https://solargenossenschaft.li/gewerbespeicher-weiter-auf-dem-vormarsch/>

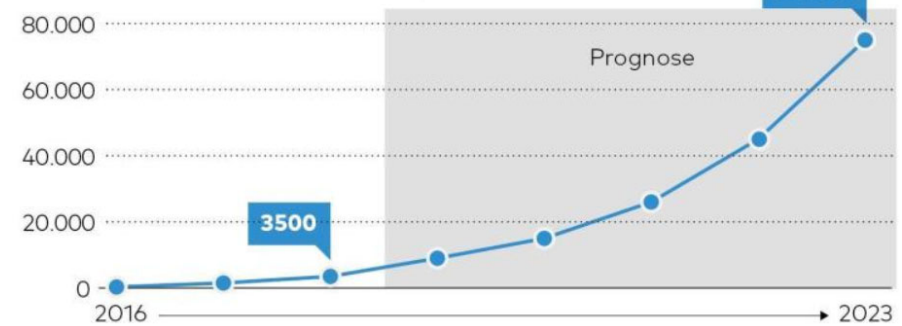
Leprich, 27. Oktober 2022

Brennstoffzellen und Elektrolyseure



Die Brennstoffzelle als Heizung der Zukunft

aktuelle/avisierte Marktentwicklung, Verkäufe in Stückzahlen



Quelle: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie

Quelle: Die WELT vom 04.02.2019



Elektrolyseur des Hybridkraftwerks der ENERTRAG in Prenzlau. © ENERTRAG photo credit Silke Reents

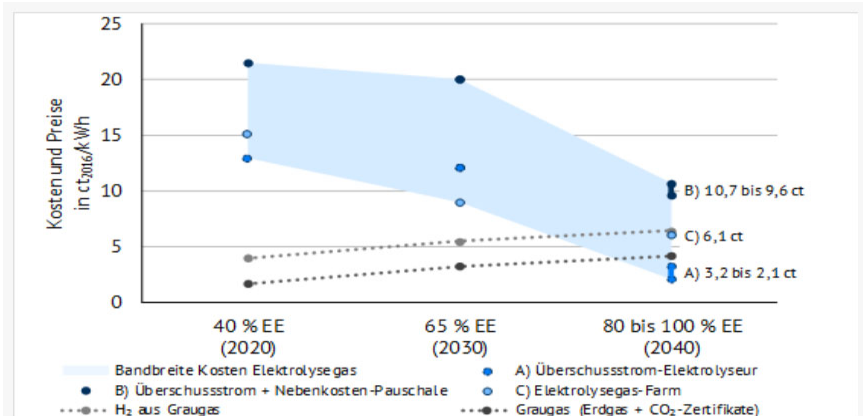


Abbildung 2: Künftige Entwicklung der Produktionskosten von Elektrolysegas für drei Betriebsszenarien und Kosten für die Nutzung von fossilem Erdgas inklusive CO₂-Zertifikate ("Graugas") gemäß World Energy Outlook 2017 „Sustainable Development“, Quelle: Energy Brainpool

Quelle: Göß 2018

Leprich, 27. Oktober 2022

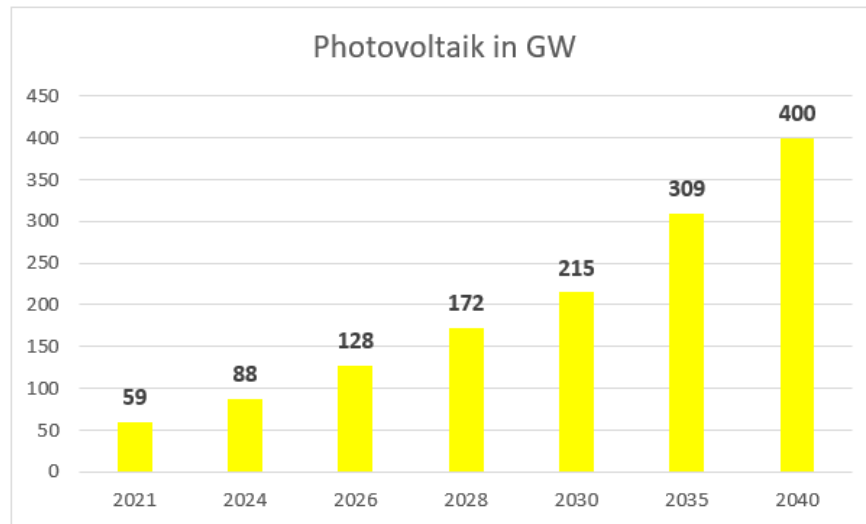
Digitalisierung!

Quelle: <https://www.ihk-hessen-innovativ.de/uploads/2018/02/wordle-Digitalisierung.png>



c) Neue politische Ziele

Aktuelle Regierungsziele



**EEG 2022:
> Verdreifachung
bis 2030**



tagesschau

Startseite > Wirtschaft > Erneuerbare Energien: Habeck will 500.000 Wärmepumpen jährlich



Erneuerbare Energien

Habeck will 500.000 Wärmepumpen jährlich

Stand: 29.06.2022 16:27 Uhr

Der Einbau von klimafreundlichen Wärmepumpen soll beschleunigt werden. Wirtschaftsminister Habeck will ab 2024 jährlich mindestens 500.000 neue Pumpen in Betrieb nehmen.

Leprich, 27. Oktober 2022

Netzentwicklungsplan Strom 2037/45

Quelle: https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmen_2037_Genehmigung.pdf

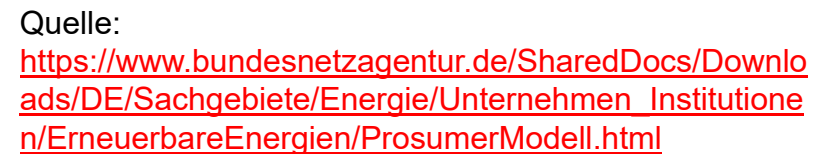
Energieträger	Installierte Leistung [GW]						
	Referenz 2020*/2021	Szenario A 2037	Szenario B 2037	Szenario C 2037	Szenario A 2045	Szenario B 2045	Szenario C 2045
Treiber Sektorenkopplung							
Elektromobilität [Anzahl in Mio.]	1,2	25,2	31,7	31,7	34,8	37,3	37,3
Power-to-Heat [GW]	0,8*	12,6	16,1	22,0	14,9	20,4	27,0
Wärmepumpen (HH und GHD) [Anzahl in Mio.]	1,2	14,3	14,3	14,3	16,3	16,3	16,3
Elektrolyse [GW]	<0,1*	40,0	26,0	28,0	80,0	50,0	55,0
Weitere Speicher und nachfrageseitige Flexibilitäten [GW]							
PV-Batteriespeicher	1,3*	67,4	67,4	67,4	97,7	97,7	113,4
Großbatteriespeicher	0,5*	23,7	23,7	24,2	43,3	43,3	54,5
DSM (Industrie und GHD)	1,2*	5,0	7,2	7,2	8,9	12,0	12,0

d) Neue Akteure

Quelle:

Leprich, 27. Oktober 2022

Quelle:



23

Zwischenfazit

- Das Liberalisierungskonzept der 90er Jahre eignet sich immer weniger, den heutigen Herausforderungen der Dekarbonisierung, Digitalisierung und Dezentralisierung gerecht zu werden
- Die größten Kostendegressionen in den letzten Jahren waren bei dezentralen Technologien zu verzeichnen; das wird sich mit der Digitalisierung mit hoher Wahrscheinlichkeit fortsetzen
- Die aus den Klimaschutzzielen abgeleiteten Teilziele für den Strom- und den Wärmesektor stärken insbesondere dezentrale Technologien
- Auf der regionalen und lokalen Ebene sind neue Energiewende-Akteure aktiv, die an den dezentralen Technologien ansetzen

3. Ein neues Leitbild für die Energiewende: energie- wirtschaftliche Subsidiarität

Zur Bedeutung von Systemgrenzen

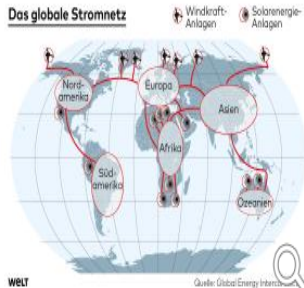
WIRTSCHAFT MEGAPROJEKT



11.12.15

China plant ein Stromnetz für die ganze Welt

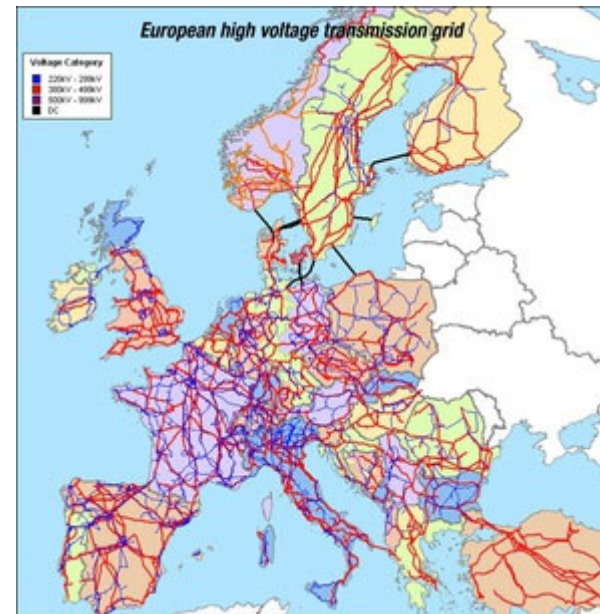
Das globale Stromnetz



Quelle: Global Energy Infrastructure

Foto: Infografik Die Welt

Liu sprach vom Ausbau großer Windkraftkapazitäten am Nordpol, die mit Solarparks rund um den Äquator verbunden werden sollten. Grundlage für das Netz sei die Ultrahochspannungstechnik (UHV), mit der China bereits seit rund zehn Jahren Erfahrungen sammle. Dabei werden 800.000 Volt über Gleichstromkabel oder bis zu 1,1 Millionen Volt über Wechselstromsysteme geleitet.



Europäische Kupferplatte von Finnland bis Portugal?



Das energieautarke Haus in Lehrte/Hannover 2011

Kombination Solarthermie und Langzeithwärmespeicher mit Photovoltaik und Akku

Timo Leukfeld



solare Deckung Wärme 65 %

solare Deckung Strom 100 %

Heiz- und Stromkosten ca. 200 €/a

(1 WE) 2011, Wohnfläche 162 m², Kfz-Effizienzhaus 55, Primärenergiebedarf 7 kWh/m²a, HWB 7.200 kWh/a, Kfz-E 46 m³, 45° Ost-Südwest, Speicher 9.400 l, Zusatzheizung Stuckholz (Pöwoll CPKA 30 kW); PV-Anlage 8,4 kWp + Akku 58 kWh überwiegend zur Eigennutzung

Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukfeld, Firma Timo Leukfeld - Energie verbindet

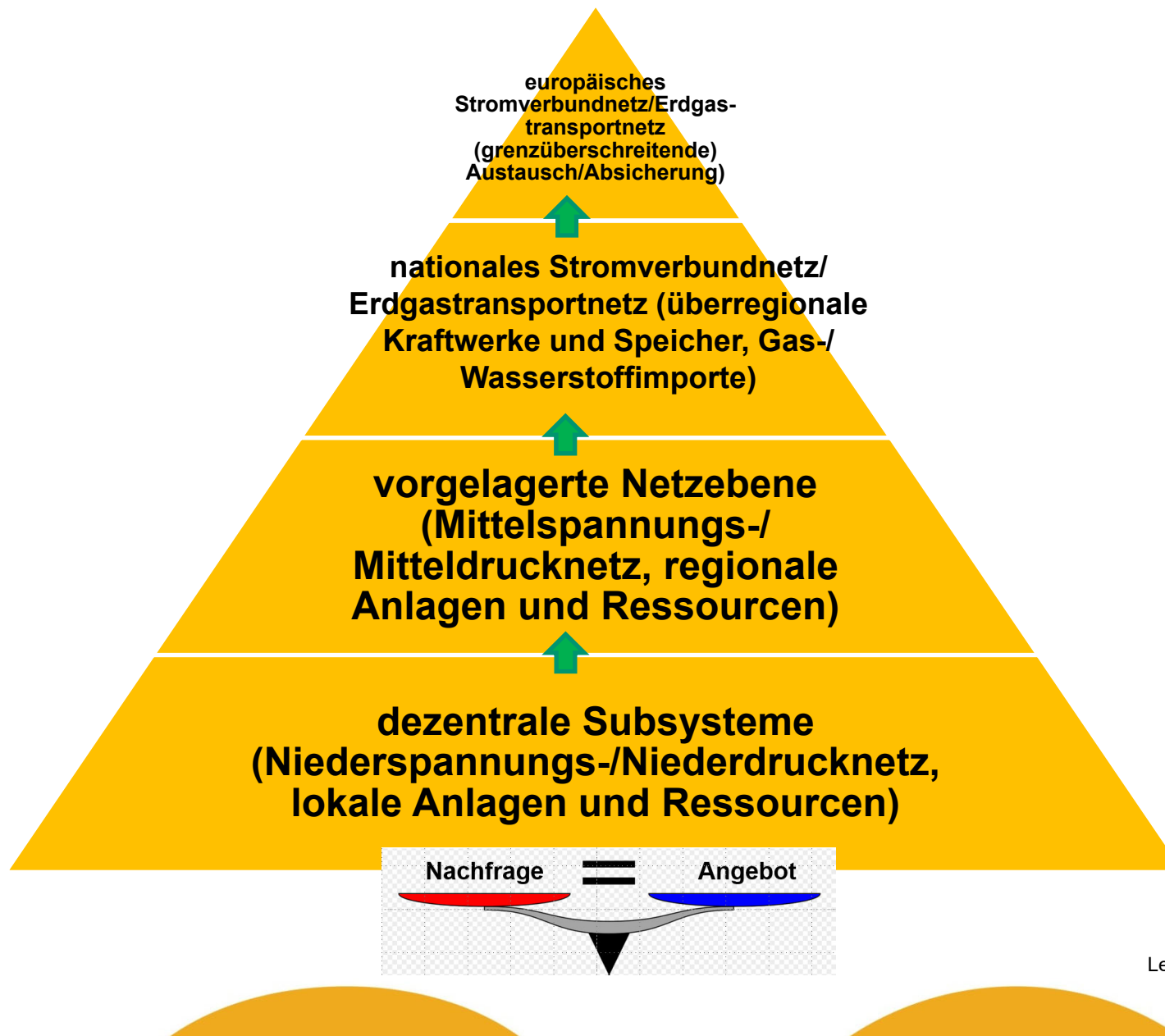
Quelle:

Lepriech, 27. Oktober 2022

Zur Bedeutung von Systemgrenzen

**Die politisch favorisierte Systemgrenze
bildet die entscheidende
Rahmenbedingung für die Ausgestaltung
des künftigen Designs des Strom-Wärme-
Sektors**

Energiewirtschaftliche Subsidiarität



Quelle:

Leprich, 27. Oktober 2022

Energiewirtschaftliche Subsidiarität

Das Leitbild der energiewirtschaftlichen Subsidiarität geht davon aus, dass der **Angebots-Nachfrage-Ausgleich** im Strom-Wärme-Sektor von unten nach oben erfolgt: nur wenn auf der unteren Ebene ein solcher Ausgleich trotz entsprechender Anreize für die beteiligten Akteure aus technischen, ökonomischen oder sonstigen Gründen nicht möglich ist, wird auf die nächsthöhere Ebene zurückgegriffen („kaskadierte Verantwortung“).

Dieses Leitbild benötigt jenseits seiner technischen Ausgestaltung eine Kooperations-, Verantwortungs- und Gestaltungsstruktur, die einen nachhaltigen, resilienten und breit akzeptierten Strom-Wärme-Sektor in Deutschland absichert.

Konkrete dezentrale Subsysteme

- Einzelhäuser / Mehrfamilienhäuser
- Nachbarschaften/Straßenzüge
- (Teil-)Quartiere
- Kommunen/Landkreise
- Verteilnetzgebiete
- ...

Dezentrale Subsysteme haben als gemeinsames Merkmal, dass sie räumlich zusammenhängende Einheiten vor Ort bilden. Ihr Ziel ist in der Regel nicht die Autarkie, d.h. die Trennung vom Netz als Selbstversorgungszelle.

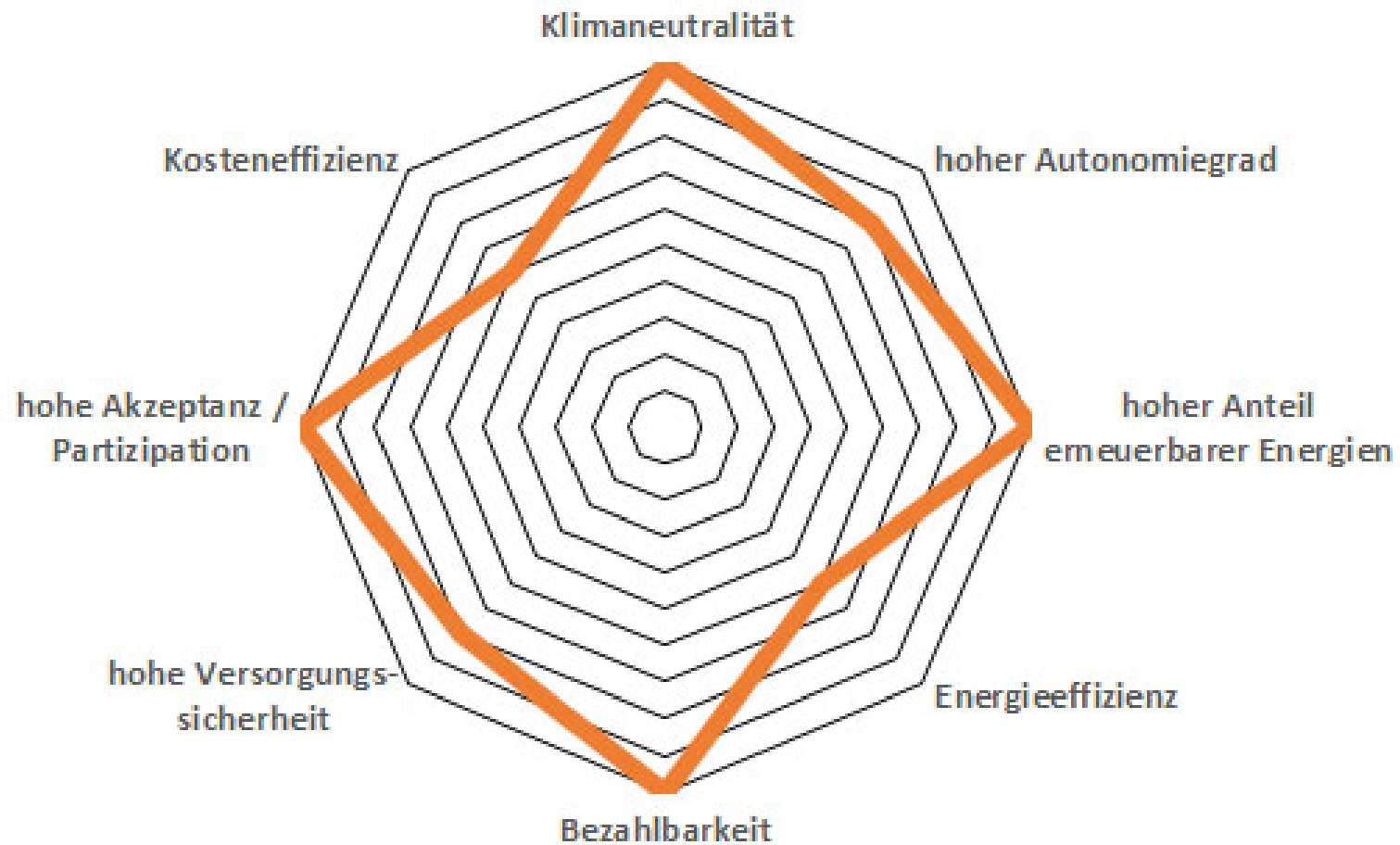
Bewertungskriterien dezentraler Subsysteme

Dezentrale Subsysteme werden häufig als nicht kosteneffizient, unsolidarisch, erschwerend für Akteure wie Netzbetreiber, Bilanzkreis- und Regelzonenverantwortliche und dadurch möglicherweise als gefährdend für die Versorgungssicherheit gebrandmarkt.

Eine faire Bewertung dieser Systeme kann jedoch nur auf der Grundlage eines Kriterienkatalogs erfolgen, zu dem u.a. gehören:

- Umwelt-/Klimaverträglichkeit
- (dynamische) ökonomische Effizienz
- Akzeptanz
- **Resilienz**
- Überschaubarkeit
- Mitwirkungsmöglichkeit / Partizipation
- lokale/regionale Wertschöpfung
- Versorgungssicherheit
- Planungssicherheit
- Bezahlbarkeit / Wettbewerbsfähigkeit
- „Systemdienlichkeit“
-

Nachhaltigkeitsziele dezentraler Subsysteme



Quelle:

ober 2022

Welche zentralen Elemente des Strom-Wärme-Sektors stehen mittelfristig nicht zur Disposition?

- Europäisches und nationales Stromverbundnetz
- Europäisches und nationales Ferngas-/H₂-Netz
- Offshore und größere Onshore Windparks
- Pumpspeicherkraftwerke
- ...



Welche Kernelemente der Liberalisierung gehören auf den Prüfstand?

- Strombörse als Leitmarkt / einheitlicher Großhandelsmarkt in D / einheitliche Preiszone
- Anreizregulierung als Kostensenkungsregulierung für Verteilnetzbetreiber
- Hauptverantwortung der ÜNB für Versorgungssicherheit / Regelzonen- und Bilanzkreiswesen
- Entflechtung Netz / Vertrieb - Messstelle
- ...

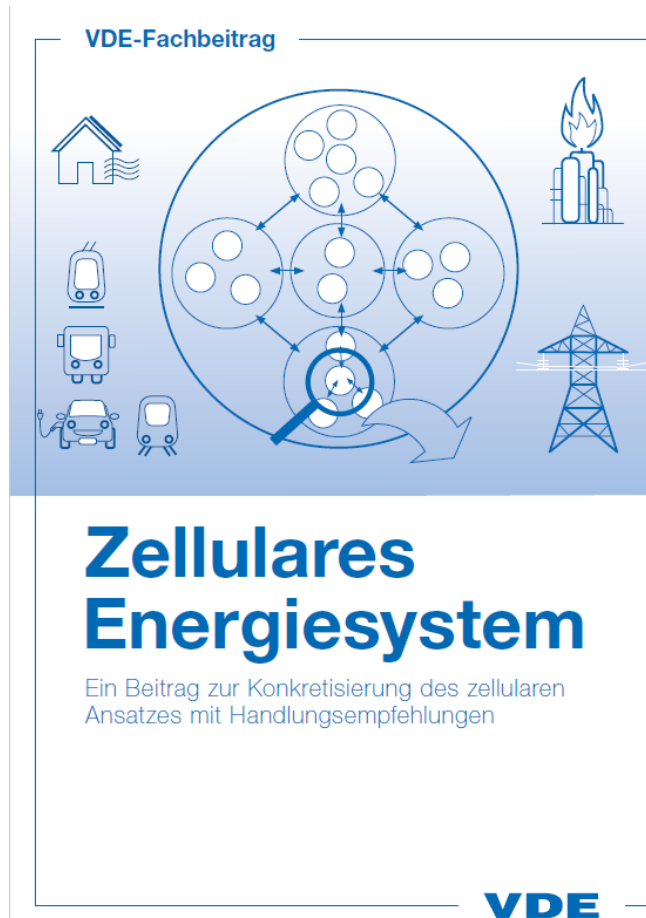
Neue Akteure, neue Aufgaben, neue Aufgabenteilung

- Bisherige Akteure: Erzeuger, Händler, Netzbetreiber / Bilanzkreisverantwortliche, Regelzonenbetreiber, Direktvermarkter, Versorger, Messstellenbetreiber,...
- Neue Akteure: Prosumenten, Quartiermanager, Mieterstromanbieter, Aggregatoren, Bürgerenergiegesellschaften etc.
- Wer ist künftig verantwortlich für die nationale/regionale Versorgungssicherheit?
- Wie sieht die Zusammenarbeit der Netzbetreiber aus? (Strom, Gas/H₂, Wärme)
- Wie sieht die Koordination der Kommune/der Stadtwerke für die Subsysteme vor Ort aus?
- ...

Zwischenfazit

- Dezentrale Subsysteme im Stromsektor werden aktuell mehr behindert als gefördert, um die ökonomische (Lehrbuch-)Effizienz eines zentral optimierten Stromsektors nicht zu gefährden.
- Bedingt durch technische Entwicklungen, engagierte Akteure und das stärkere Zusammenwachsen des Stromsektors mit dem Wärmesektor wird der Druck auf die Politik, dezentrale Subsysteme stärker zu unterstützen, weiter zunehmen.
- Eine Bewertung dezentraler Subsysteme allein mit dem Kriterium ökonomischer (Lehrbuch-)Effizienz wird diesen Systemen nicht gerecht; andere Kriterien sind mindestens gleichgewichtig.
- Energiewirtschaftliche Subsidiarität mit dezentralen Subsystemen als Herzstück erfordert - in Verbindung mit den nicht zur Disposition stehenden zentralen Elementen - ein neues Sektordesign, das möglicherweise einige Grundpfeiler der Liberalisierung zur Disposition stellt.

Immer mehr Vordenker denken dezentral (1)



Immer mehr Vordenker denken dezentral (2)

Vor-Ort-Potenziale der Energiewende entfesseln

Subsidiarität als neues Grundprinzip des Energiesystems

Zusammenfassung

»Die Potenziale der Vor-Ort-Versorgung entfesseln und Subsidiarität als neues Grundprinzip des Energiesystems verankern « - in dieser Formel liegt ein wesentlicher Lösungsbeitrag für die anstehende Dekarbonisierung des Energiesystems. Ein solcher Wandel bei der Energieversorgung braucht jedoch zunächst ein politisches Bekenntnis, dass er gewollt ist. Und im zweiten Schritt folgt die Gestaltung. Dafür ergeben sich mit der kommenden Legislaturperiode vielfältige neue Handlungsoptionen.

Wir empfehlen die Verankerung dieses neuen Grundprinzips im Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung: Das Ziel könnte lauten: „Wir setzen uns dafür ein, die lokalen Potenziale der Dekarbonisierung und der Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr in Gebäuden und Quartieren zu nutzen. Daher werden wir Lösungen der Vor-Ort-Versorgung als Teil des Energiesystems etablieren. Wir werden prüfen, wie Subsidiarität im Energiesystem umgesetzt werden kann und diese Leitidee im Rahmen der anstehenden Reformen des Energiemarktdesigns berücksichtigen.“

- Prof. Dr. Hans-Martin Henning | hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de | +49 761 45 88-51 34
- Dr. Tim Meyer | tim.meyer@naturstrom.de | Telefon: +49 40 3344 378 -101
- Fabian Zuber | fabian.zuber@rl-stiftung.de | Telefon: +49 30 236 178 90



Politikberatung
kompakt

167

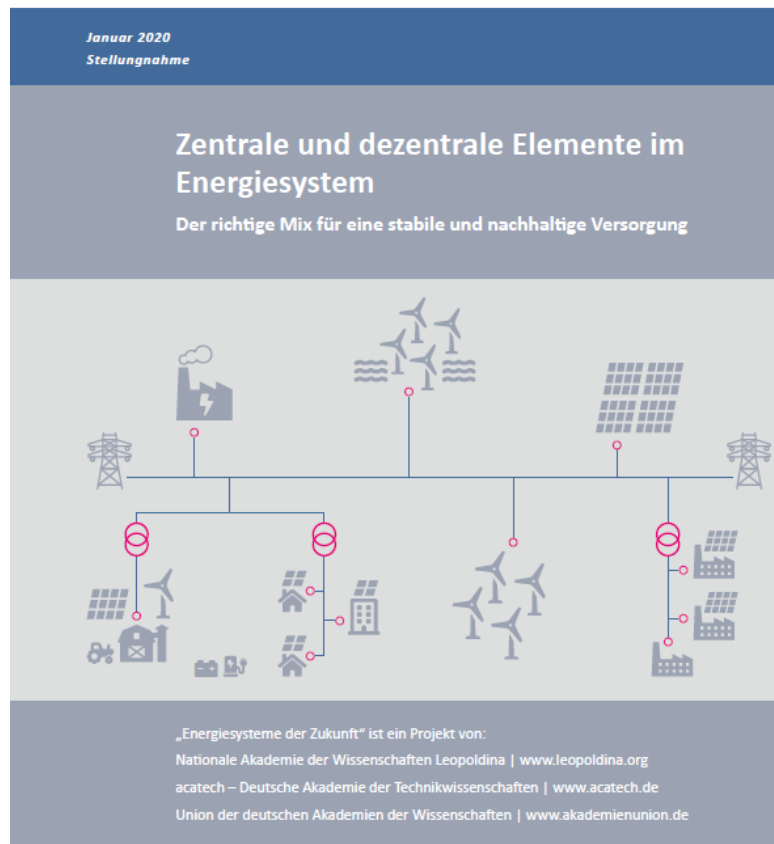
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

2021

100% erneuerbare Energie für Deutschland unter besonderer Berücksichtigung von Dezentralität und räumlicher Verbrauchsnähe – Potenziale, Szenarien und Auswirkungen auf Netzinfrastrukturen

Mario Kendzioriski, Leonard Göke, Claudia Kemfert, Christian von Hirschhausen und Elmar Zozmann

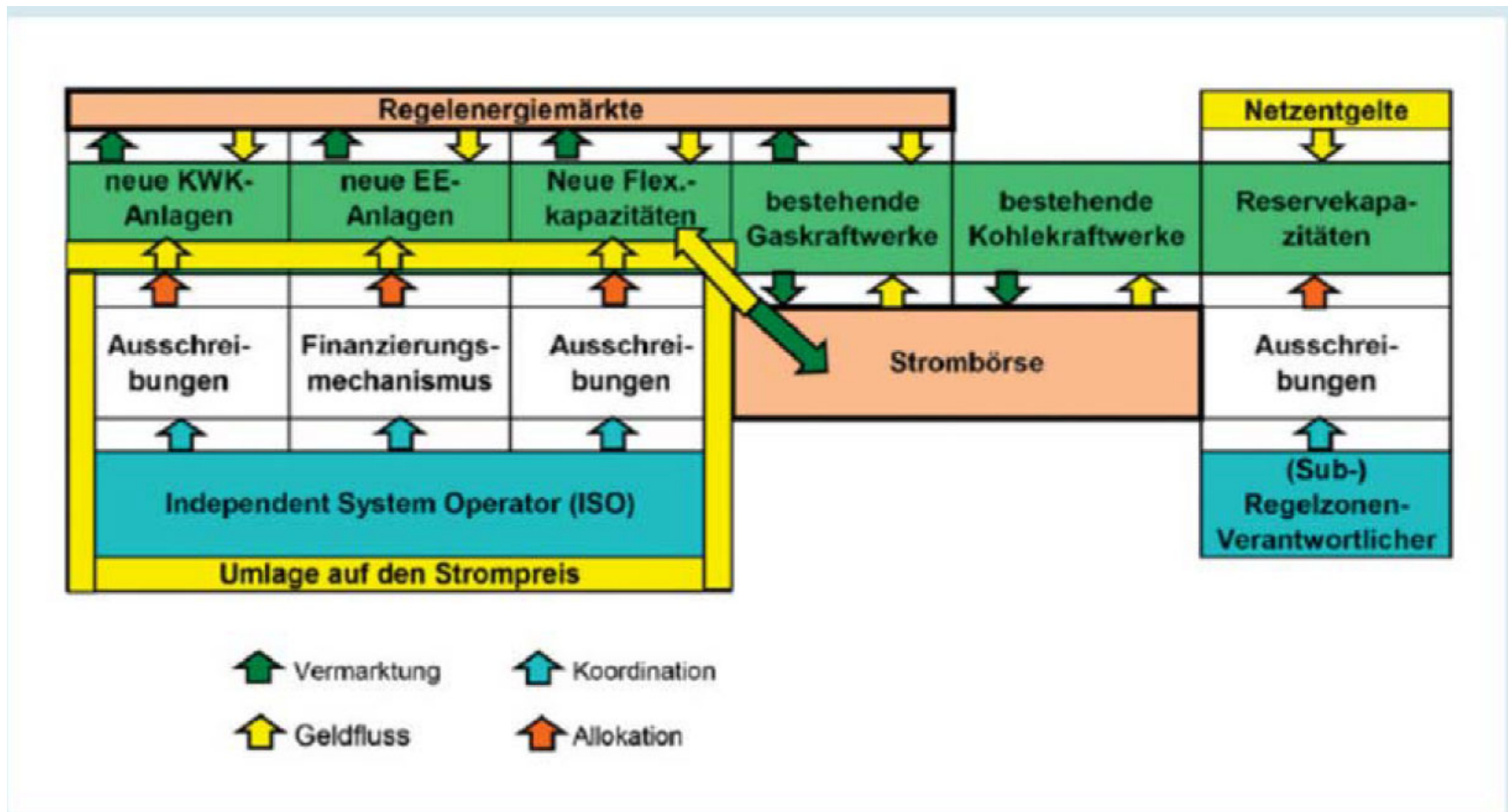
Forschungslücke



„Allerdings wurden langfristige deutschland- oder europaweite Szenarien mit umfassend dezentralen Energiesystemen – das heißt kleinen, verbrauchsnahe Erzeugungsanlagen und Speichern sowie einem dezentralen Lastausgleich – **bisher kaum wissenschaftlich untersucht.**“

4. Elemente eines re-designeden Strom-Wärme-Sektors

Differenzierte Finanzierungsmechanismen für die notwendigen Stromkapazitäten



Differenzierte Finanzierungsmechanismen für die notwendigen Stromkapazitäten

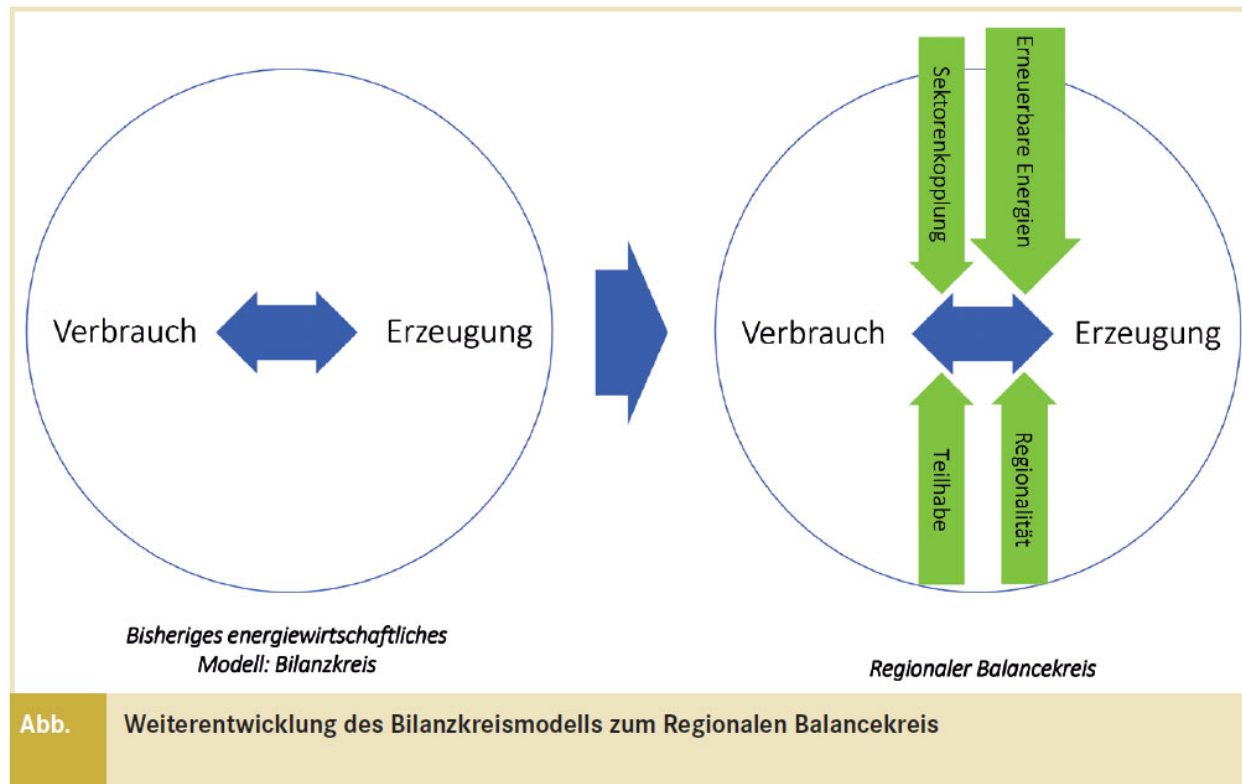
- Die Strombörse ist nicht länger Leitmarkt, sondern „Zubrot-Markt“ für die anderweitig finanzierten Kapazitäten (EE- und KWK-Anlagen; Flex.optionen)
- Ob Ausschreibungen für erneuerbare Energien, KWK-Anlagen und Flexibilitäten national oder regional erfolgen, hängt von der Bereitschaft ab, räumlich unterschiedliche Preiszonen zu akzeptieren und davon, wie die Regionen abgegrenzt werden und wie ein regionenübergreifender Austausch geregelt wird
- Ob ein Independent System Operator als eigenständiger Akteur zusätzlich benötigt wird, hängt davon ab, wie sich die vier Übertragungsnetzbetreiber künftig organisieren (Deutsche Netz AG?)
- Die wesentlichen Bestandteile des Strompreises sind künftig die Vollkosten der EE-Anlagen und des Backup-Systems sowie die Netzentgelte; Konzessionsabgabe, Stromsteuer und Höhe der Mehrwertsteuer sind mit Blick auf die Sektorkopplung zu hinterfragen

Finanzierung der Infrastruktur

- durch regulierte Netzentgelte
- Zu diskutierende Weiterentwicklungen:
 - neue Netzentgeltstruktur / höhere Leistungspreise
 - Innovationsregulierung statt Anreizregulierung, insbesondere für dezentrales Netzmanagement
 - Nodal Pricing?
 - gemeinsames Infrastrukturentgelt für Strom-, Gas- und Wärmenetze?

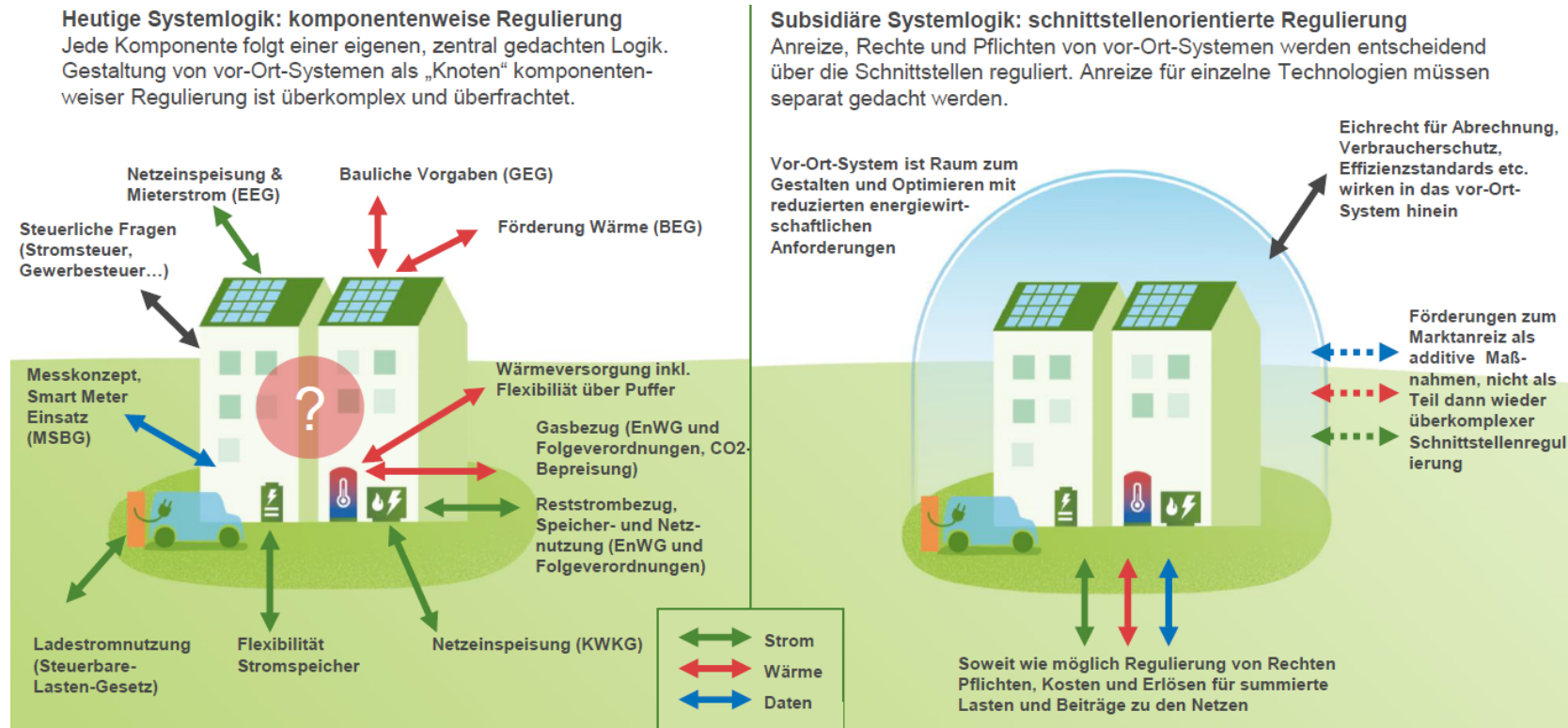
Wir brauchen dringend eine Netzregulierung 2.0, um den Herausforderungen der Systemtransformation gerecht werden zu können.

Regionale Bilanzkreise und Versorgungssicherheit



Der regionale Bilanzkreis wird für einen bestimmten geographischen Raum definiert. Bei der Bestimmung einer Region sollte die Struktur des Verteilnetzes berücksichtigt und ein annähernder Ausgleich von Verbrauchs- und Erzeugungszentren angestrebt werden.

Gestaltungsfreiheit durch Schnittstellenregulierung



An den Schnittstellen muss es klare und auch harte Spielregeln zu den Rechten und Pflichten der dezentralen Subsysteme geben. Dazu gehören Vorgaben für Systemstabilität und zur Prognose der eigenen Erzeugung und des Verbrauchs, eine kluge Struktur für Netzentgelte und -erlöse, Regeln für den Handel mit anderen Marktteilnehmern und anderes mehr.

Leprieh, 27. Oktober 2022

Zwischenfazit

- Die Finanzierung des Stromsektors ist ein Schlüsselement für die künftige Ausgestaltung des Strom-Wärme-Sektors
- Der bestehende Großhandelsmarkt mit der Strombörse im Zentrum wird diese Finanzierungsaufgabe nicht leisten können; notwendig sind daher differenzierte Finanzierungsinstrumente auf der Basis von Ausschreibungen zu Vollkosten
- Die Finanzierung der Infrastruktur des künftigen Strom-Wärme-Sektors erfordert eine innovationsorientierte Netzregulierung, die in der Perspektive Strom-, Gas/H₂- und Wärmenetze gemeinsam adressiert
- Energiewirtschaftliche Subsidiarität bedeutet im Hinblick auf Versorgungssicherheit dezentralere Einheiten wie z.B. regionale Bilanzkreise, deren Verantwortliche für einen regionalen Angebots-/Nachfrageausgleich angereizt werden müssen
- Durch intelligente Schnittstellenregulierung ergeben sich für dezentrale Subsysteme Gestaltungsfreiheiten, die allerdings mit Systemverantwortung kombiniert werden müssen

Leprich, 27. Oktober 2022

Ausblick: Ein Kompass für die Systemtransformation

- Technische Dynamiken zulassen und fördern
- Dezentralität systematisch anreizen und entdecken
- Innovationsräume für Netzbetreiber schaffen
- breite Partizipation vor Ort ermöglichen

- Ein neues Design für den künftigen Strom-Wärme-Sektor von unten her neu denken

Die Transformation des Energiesystems („Energiewende“) ist keine ökonomisch-planwirtschaftliche Optimierungsaufgabe, sondern eine institutionelle Entdeckungs- und eine gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe!

**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
Fragen?**

**Prof. Dr. Uwe Leprich
Mobil: 0173-6660910
Mail: uwe.leprich@posteo.de**

Leprich, 27. Oktober 2022