

Nationale elektrische Energieversorgung – multiple nachhaltige Systeme

Manfred Benthous¹⁾, Lachlan Gosper*²⁾

¹⁾ +49 171 75 200 20, manfred.benthous@googlemail.com

²⁾ +49 157 52 496 293, lachlan.gosper@tum.de

Kurzfassung

Die Nutzung von elektrischer Energie bringt den Menschen Mehrwerte, die sie als essenziell bezeichnen. Um dies zu verdeutlichen, kann nachfolgende Analogie aufgestellt werden – *Was die Atemluft den menschlichen Körper bedeutet, bedeutet die elektrische Energie für die menschliche Kultur.*

Menschlich nutzbare elektrische Energie ist kein Naturprodukt, d.h. sie muss technologisch hergestellt werden. Den nationalen elektrischen Energieversorgungen kommt damit eine besondere gesellschaftliche Bedeutung zu.

Die existierenden nationalen Energieversorgungssysteme sind weltweit technologisch gleichartig. Insbesondere in den Industrienationen haben sie zu bedeutenden wirtschaftlichen Wachstumsraten geführt. Mit dem alleinigen Bereitstellen eines technischen *Produkts – elektrische Energie* es nicht mehr getan, da die IST – Systeme z.B. immanente Risiken enthalten. Diese Risiken wirken bedeutend auf die nationalen Volkswirtschaften und die internationalen Klimasysteme und entsprechen damit nicht mehr den gesellschaftlichen Anforderungen.

Die modernen Gesellschaften wollen Einfluss auf den Herstellungsprozess der elektrischen Energie nehmen, d.h. sie sind nicht mit jeder Herstellungstechnologie einverstanden. Das Produkt elektrische Energie ist im Laufe der Zeit zu einem *kulturell – technischen Produkt* geworden.

In diesem Wandel liegt die Motivation zur Schaffung von Veränderungen in den nationalen elektrischen Energieversorgungssystemen. Hier werden die Grundlagen für multiple nachhaltige elektrische Energieversorgungssysteme gelegt, die vom Prinzip – *Zukunft braucht Herkunft* ausgehen, welches den Aussagen von O. Marquard folgt. [1]

Keywords

Axiomatik elektrischer Energieversorgungssysteme / Elektrische Energiezellen / Energiewirtschaftliche Non – Profit – Organisationen / Multiple nachhaltige elektrische Energieversorgungssysteme / Ubiquitäre Primärenergie / Umkehrung energiewirtschaftliches Kausalitätsprinzip

1 Anfangsbedingungen

Um die Grundlagen für nationale elektrische Energieversorgungssysteme (*EVS*) der Zukunft zu gestalten, bedarf es Dreierlei – die geprägte Herkunft, die freie Gestaltung (Grüne Wiese) und die gesteckten Ziele.

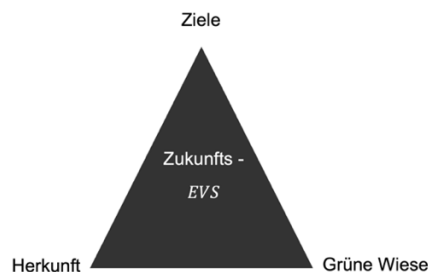


Abb. 1 Hauptmerkmale zur Gestaltung multiple nachhaltiger *EVS*

Als gestecktes Ziel werden gesellschaftlich multiple nachhaltige *EVS* angenommen. Sie enthalten zusätzlich zur technischen Versorgungszuverlässigkeit, klimatische und volkswirtschaftliche Einflüsse. Die Erfüllung der Anforderungen für die beiden letzten werden gegenüber der Technologie/Technik als prioritär eingeordnet. Damit ergibt sich der Wirkungsmechanismus

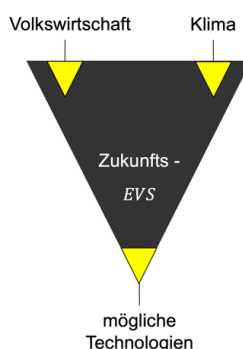


Abb. 2 Gestaltungsprinzip für multiple nachhaltige *EVS*

Akzeptiert man den Sachverhalt, führt er zu einer notwendigen Umkehrung des Kausalitätsprinzips in der Energiewirtschaft, d.h.

- in der Vergangenheit: Technologie \Rightarrow Nutzerversorgung
- in der Zukunft: Nutzerversorgung \Rightarrow Technologie

Zu den betrachteten Variablen gehören wesentlich die nationalen elektrischen Energiemengen, die sich aus den Energieverbräuchen aller Nutzer ergeben. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, in weltweit unterschiedlichen Systemeinheiten/Nationalstaaten¹ eine Vergleichbarkeit zu erreichen, wie sie z.B. bei volkswirtschaftlichen Sachverhalten üblich sind.

Um allgemeingültige Aussagen zu erhalten, d.h. eine Gültigkeit für alle *EVS* zu erzeugen, wird ein beliebige Nation² betrachtet. Es gilt damit aussagenlogisch der Grundsatz ‚ohne Beschränkung der Allgemeinheit‘ (o.B.d.A.).

¹ natürliche Module

² Nation verfügt über eine umfassende nationale el. Energieversorgung der Ausgangstechnologie

1.1 ‚Herkunfts‘ – Ansatz

Die Herkunfts – Systeme haben wesentlich zur industriellen und damit zu den nationalen wirtschaftlichen Entwicklungen (z.B. BIP) beigetragen. [2] Weltweit werden Großherzeugungsanlagen für die definierte elektrische Energieerzeugung in Kombination mit Großflächennetzen für den Transport zum Nutzer genutzt. Die erreichte technische Zuverlässigkeit hat inzwischen in Industrieländern Werte ($> 99,99 \dots \%$) erreicht [3], die für technologische Großsysteme ungewöhnlich hoch sind.

Parallel führt die wachsende Infrastruktur der o.g. Technologie zu zwei bedeutenden gesellschaftlichen Problemen. Es handelt sich um die genutzte *Primärenergie* zur elektrischen Energieerzeugung und die *Energienetzstruktur der zusammenhängenden*³ Stromnetze.

Es wird weltweit ein Primärenergiemix, in unterschiedlichen Ausprägungen zur elektrischen Energieerzeugung genutzt. Hauptprimärenergie sind weltweit die fossilen Energieträger [7] zu deren prozessualen Endprodukt Emissionen gehören, die wiederum einen wesentlichen Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt haben.

Die Energienetze (Stromnetze) zum Energietransport sind durch den Zusammenhang geprägt, der inzwischen erhebliche Dimensionen erreicht hat. Exemplarisch hierfür sei das deutsche Stromnetz, als Bestandteil des europäischen Stromverbundnetzes, genannt.

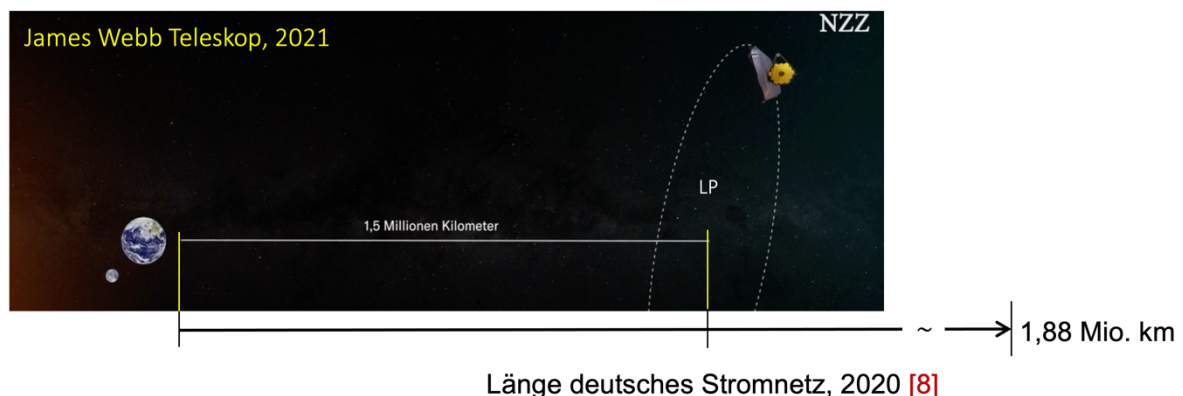


Abb. 3 Geometrische Länge des zusammenhängenden deutschen Stromnetzes

Es ergeben sich unmittelbar die Fragstellungen

- Ist die zugrunde liegende Netzplanung, zusammenhängend jeden Nutzer mit jedem Nutzer und allen Kraftwerken/Einspeisungen zu verbinden, sachgerecht?
- Ist der resultierende Materialverbrauch, leitendes Material und Isolationsmaterial, ökologisch vertretbar?
- Ist ein solches technisches Bauwerk wirtschaftlich zu rechtfertigen? Wenn ja, unter welchen Bedingungen? (s. natürliches Monopol).
- Gibt es technologische Alternativen?

Das Kardinalproblem steckt im systemimmanenten Begriff des *Zusammenhang der Stromnetze*, der u.a. die Auswirkungen von Blackouts bestimmt. Hierfür gilt die elektrotechnische Grundregel – *je größer der Netzzusammenhang ist, desto größer die möglichen Auswirkungen eines Blackouts*.

³Zusammenhang (s. Vernetzung) = mathematischer Grundbegriff [4],[5],[6]

Langfassung

Der Netzzusammenhang ist aber nur eine physikalische Option, die in der E – Technik angewendet wird, und keine physikalische Notwendigkeit. Hier unterscheiden sich elektrische Energieerzeugung und elektrischer Energietransport fundamental.

Eine weitere wesentliche Eigenschaft Stromnetztechnologie ist, dass sie unabhängig von der Technologie (Hardware) des Herstellungsprozesses der elektrische Energie ist. So gibt es z.B. in erster Näherung keinen Unterschied zwischen der Einspeisung eines Kernkraftwerkes oder eines Windparks⁴.

Für die Herkunfts – Systeme gilt der Grundsatz – *die Gesellschaft folgt der Technologie*.

1.2 ‚Grüne Wiese‘ – Ansatz

Der ‚Grüne Wiese‘ – Ansatz wird als Minimalansatz verstanden, für den es zwei notwendige Grundgrößen gibt – den *Nutzer* und das *Produkt*.

Die Nutzer in einem nationalen *EVS* repräsentieren praktisch die jeweilige nationale Gesellschaft. Sie sind bedeutend und setzen deshalb die primären Randbedingungen für die Entwicklung nationaler elektrischer *EVS*.

Das Produkt⁵ ist die physikalische Energie, wie sie in der Form von elektrischer Energie beim Nutzer vorliegt. Wesentlich ist jedoch ihr Herstellungsprozess und wie die Bereitstellung beim Nutzer erfolgt. Die grundlegenden Randbedingungen für multiple nachhaltige Systeme sind

- keine systemimmanenten Risiken zu beinhalten, die negative volkswirtschaftliche oder klimatische Wirkungen haben. [9]
- verbindliche gesellschaftliche Vorgaben für die Grenzen der technischen Zuverlässigkeit für das jeweilige nationale System zu setzen.
- mit der nationalen elektrischen Energieversorgung keine betriebswirtschaftlichen Gewinne zu erzielen.

Für den ‚Grüne Wiese‘ – Ansatz gilt der Grundsatz – *die Technologie folgt der Gesellschaft*.

1.3 Anfangsbedingungen für multiple nachhaltige *EVS*

Aus den Ansätzen von 1.1 und 1.2 ist eine Axiomatik für elektrische *EVS* nach den Grundlagen von *K. Popper* entstanden. [10] Sie lautet [11]

- Axiom I
Elektrische EVS dürfen nur natürliche Primärenergieströme in Kombination mit einer klimaneutralen Energiewandlungstechnologie nutzen.

⁴ Dies gilt nur in statischen Betriebszuständen. In dynamischen Betriebszuständen ist z.B. die bereitgestellte Kurzschlussleistung unterschiedlich. Das KKW stellt dem Gesamtsystem mehr Kurzschlussleistung zur Verfügung als ein Windpark, bei identischer Nennleistung.

⁵ Von zunehmender Bedeutung ist, dass sich die elektrische Energie von einer netzgebundenen stationären Energie zu einer mobilen Energie für die Nutzer wandelt. Exemplarisch hierfür sei die intensive Nutzung mobiler Kommunikationsgeräte genannt. Sie ist auf dem Weg energetisch signifikant zu werden.

Langfassung

- Axiom II
Elektrische EVS dürfen keine systeminhärenten Risiken enthalten, die zu signifikanten Produktausfällen führen können.
- Axiom III
Elektrische EVS dürfen nur von Organisation geführt werden, die primär nicht nach dem betriebswirtschaftlichen ‚Gewinnprinzip‘ arbeiten, sondern ökologische ‚non net loss – Ansätze‘ entwickeln‘.

2 Elektrische Energiezellen

2.1 Allgemeine Energiezelle

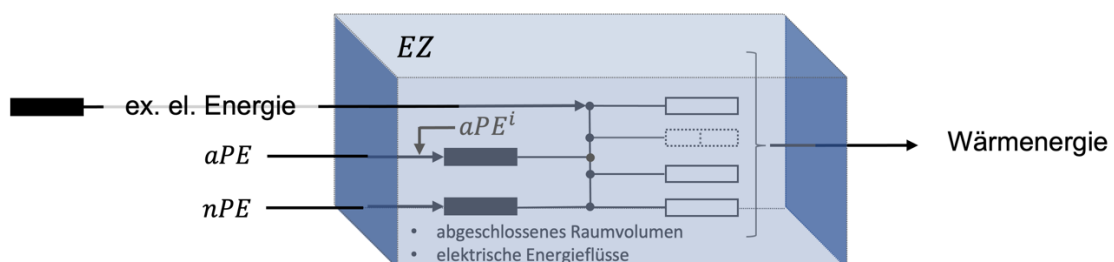
Sie ist ein Strukturelement der (nationalen) elektrischen Energieversorgung und kann als solches auf das Strukturproblem der IST-Systeme, den Netzzusammenhang, wirken.

Definition

- *Eine allgemeine Energiezelle (EZ) vereinigt alle elektrotechnisch zusammenhängenden Nutzer in einem abgeschlossenen und elementfremden Raumvolumen, die die notwendige Nutzenergie der Zelle bestimmen.*

Anmerkungen

- Ein elementfremdes Raumvolumen beinhaltet nur elektrotechnische Anlagen, die der Versorgung der enthaltenen Nutzer dienen.
- Die Nutzenergie der Zelle ist die Summenenergie aller Nutzer und wird als eine energetische Basisgröße verwendet.
- Die notwendigen Erzeugungsanlagen können sich innerhalb oder außerhalb der geographischen Grenzen der EZ befinden.
- Externe strukturelle Störungen (z.B. Blackouts) wirken auch auf die EZ.
- Die Vorstellung einer allgemeinen Energiezelle ist



und die möglichen Energieströmen sind

- input – externe elektrische Energie aus außerhalb der EZ befindlichen Erzeugungsanlagen, wie z.B. Speicherwasserkraftwerk im vorgelagerten Verbundnetzein-
put – extern anthropogen bearbeitete Primärenergie (aPE), wie z.B. Kohle
- in situ – intern anthropogen bearbeitete Primärenergie (aPE^i), wie z.B. Kohle

Langfassung

- input – natürliche Primärenergie (nPE), d.h. nicht anthropogen bearbeitete Primärenergie, die am Standort der EZ verfügbar ist
- in situ – elektrische Energieflüsse
- output – Wärmeenergie

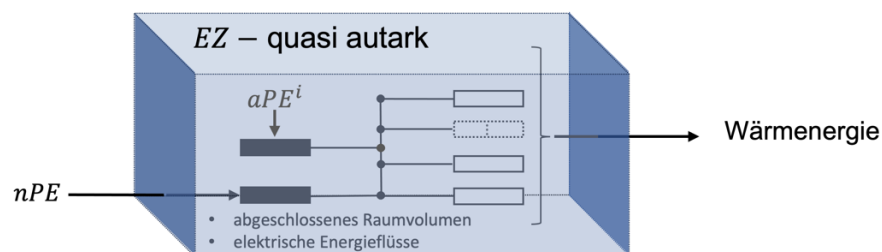
2.2 Quasi – autarke Energiezelle

Definition

- Eine quasi – autarke EZ (EZ^{qa}) ist grundlegend eine EZ , die alle notwendigen Erzeugungsleistungen zur Nutzerversorgung und die dafür notwendigen Primärenergienmengen enthält.

Anmerkungen

- Für eine EZ^{qa} gibt es keine anthropogenen Primärenergieimporte.
- Alle notwendigen technischen Versorgungsanlagen sind in der Zelle enthalten.
- Die EZ^{qa} und die technische Struktur eines Inselnetzes [12] unterscheiden beim Primärenergieeinsatz, so sind Primärenergieimporte beim Inselnetz möglich.
- EZ^{qa} begrenzen strukturelle Auswirkungen, wie z.B. Blackouts, auf die eigenen Strukturgrenzen und damit auf die Energiemenge der enthaltenen Nutzer und deren Anzahl. Dieser Sachverhalt ist entscheidend für die volkswirtschaftlichen Auswirkungen technischer Störungen (s. Axiom II).
- Als qualitative Maßzahl für Qualität der Energieversorgung kann die enthaltene Stromnetzlänge in der Zelle verwendet werden.
- Die Vorstellung einer quasi – autarken Energiezelle ist



und die möglichen physikalischen Energieströme sind

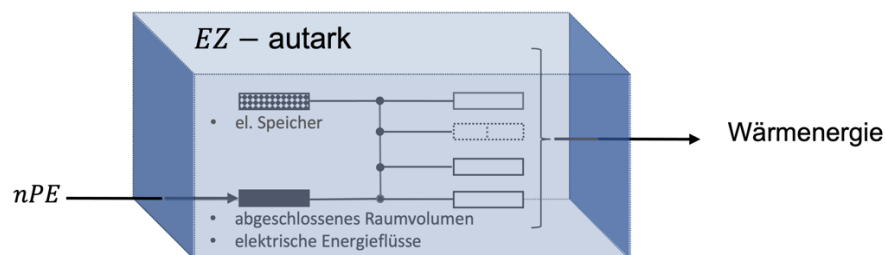
- input – natürliche Primärenergie (nPE)
- in situ – intern anthropogen bearbeitete Primärenergie (aPE^i), wie z.B. Kohle
- in situ – elektrische Energieflüsse
- output – Wärmeenergie

2.3 Autarke Energiezelle

Definition

- Eine autarke EZ (EZ^a) ist grundlegend eine EZ^{qa} , die als mögliche Primärenergien nur natürliche Primärenergien zulässt.

- Eine natürliche Primärenergiequelle muss ubiquitär⁶ sein.
- Die Nutzung von ubiquitären natürlichen Primärenergien führt zur klimaneutralen elektrischen Energieversorgung (s. Axiom I).
- Die zeitliche Verfügbarkeit der Primärenergie muss die Energiebilanz (z.B. Jahres-scheibe) mit der gewünschten Nutzenergiemenge ausgleichen können.
- Bei der Nutzung einer natürlichen *PE* fallen keine Kosten für die Aufbereitung und Transport an, d.h. der ‚Brennstoff‘ ist kostenfrei.
- Als natürliche Primärenergie kann Ur – Primärenergie⁷ genutzt werden, die elektromagnetische Strahlung der Sonne (EM – Strahlung).
- Die teilweise Nutzung des sichtbaren Sonnenlichtes zur elektrischen Energieversorgung hat bereits umfangreiche Praxisanwendungen und ist auf diesem Niveau heute technisch in der E – Technik etabliert.
- Die Nutzung der Wärmestrahlung (Planck’sches Strahlungsgesetz) hat aufgrund der geringen Energiedichte noch keine Anwendungen in der E – Technik. Vorteile sind die der absoluten räumlichen und zeitlichen Ubiquität und es gibt keine Einflüsse, die die Primärenergiezufuhr unterbrechen können.
- Die kleinste Struktureinheit, die 1:1 Nanozellen (strukturelles Maximalziel), muss versorgbar sein.
- Die Vorstellung einer quasi – autarken Energiezelle ist



und die möglichen physikalischen Energieströme sind

- input – natürliche Primärenergie (nPE)
 - in situ – elektrische Energiespeicher
 - in situ – elektrische Energieflüsse
 - output – Wärmeenergie
- Autarke Energiezellen sind absolut klimaneutral und können die nationalen volkswirtschaftlichen Risiken auf ein Minimum reduzieren, so dass sie für die gesamte Volkswirtschaft unbedeutend sind. Dies gilt nicht notwendig für den Einzelnutzer.

⁶ räumliche Ubiquität ist eine notwendige Voraussetzung

zeitliche Ubiquität ist nicht zwingend notwendig, da sie ggf. elektrische Energiespeicher technologisch ermöglicht werden

⁷ Ur – Primärenergie := elektromagnetische Strahlung der Sonne \equiv EM – Strahlung

3 Transformation

3.1 Transformationsprozess

Der Transformationsprozess beschreibt die zeitliche Entwicklung von *Systemzuständen nationaler elektrischer EVS* mit dem Ziel, multiple nachhaltige *EVS* zu erzeugen. Zentrale Steuerungsgrößen sind die elektrischen Energiezellen und die eingesetzte Primärenergie.

Anfangsbedingung bzw. Ausgangspunkt sind die existierenden *EVS*, mit den genutzten Technologien von Großerzeugungsanlagen und Großflächennetzen.

Im als irreversibel definierten Prozessverlauf führen die Entwicklung der Energiezellen zu einem Kleinteiligkeitsprozess, d.h. die einzelnen zeitlichen Systemzustände der nationalen Energiezellen beinhalten monoton fallende Nutzerzahlen. Dieser Sachverhalt wirkt direkt auf die Größe der zusammenhängenden Netze in den Zellen und reduziert damit das volkswirtschaftliche Gesamtrisiko im Falle von Stromausfällen. Die Zuordnung zwischen Nutzergruppen und Energiezellen ist in Tab. 1 angegeben.

<i>NG</i>	<i>EZ</i>	Anmerkungen
singuläre	$EZ^{1:1\ nano a}$	autark, $EZ^a \subset EZ^{nat,a}$ strukturelles Maximalziel
lokale	$EZ^{nano a}$	autark, $EZ^a \subset EZ^{nat,a}$
dezentrale	$EZ^{dez a}$	autark, $EZ^a \subset EZ^{nat,a}$
regionale	$EZ^{regio a}$	autark, $EZ^a \subset EZ^{nat,a}$
nationale	$EZ^{nat a}$	autark
	$EZ^{nat qa}$	quasi – autark
	EZ^{nat}	ausreichende Eigenerzeugung, nicht notwendig quasi – autark
	$EZ^{nat u}$	zu geringe Eigenerzeugung, d.h. instabile Versorgung
internationale	$EZ^{inter a}$	autark
	$EZ^{inter qa}$	quasi – autark
	EZ^{inter}	ausreichende Eigenerzeugung, nicht notwendig quasi – autark

Tab. 1 Zuordnung Nutzergruppen – Energiezellen

Die autarken nationalen Systemzustände beinhalten unterschiedliche Verteilungen der Energiezellen – regional, dezentral, lokal, singulär – mit den Wachstumsraten des jeweilig national bestimmten Kleinteiligkeitsprozess.

Der mögliche Prozess mit den wesentlichen statischen Systemzuständen ist in Abbildung 5 dargestellt. Das strukturelle Maximalziel im Sinne eines multiplen nachhaltigen *EVS*, bildet zum Prozessende ein *EVS*, dass ausschließlich aus autarken 1:1 Nanozellen ($EZ^{1:1\ nano|a}$) besteht.

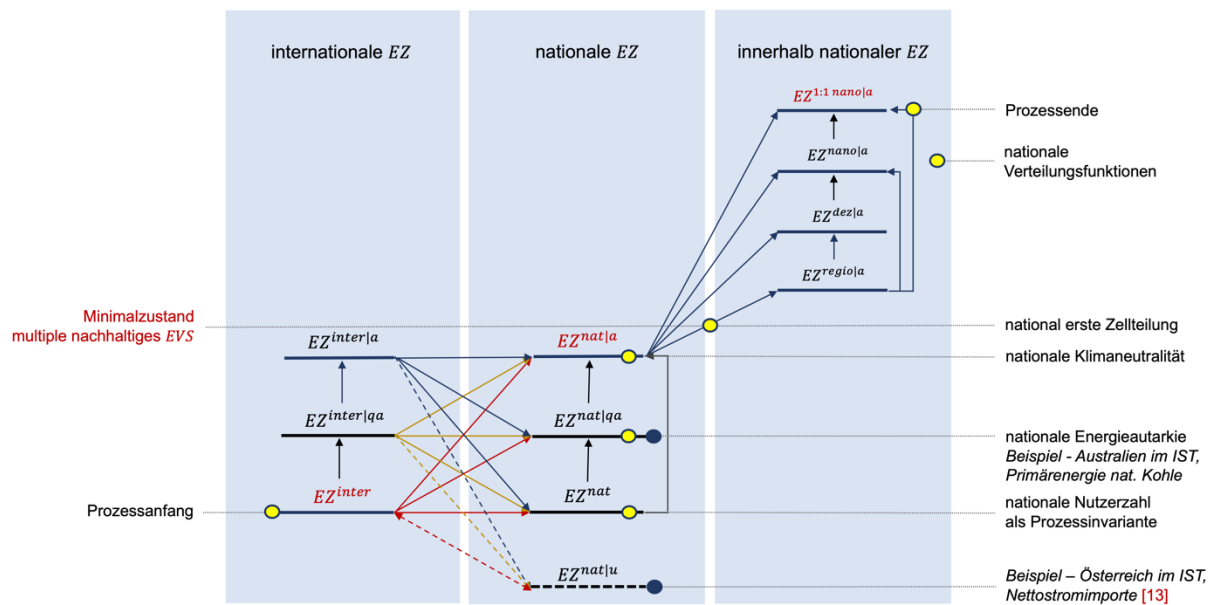


Abb. 5 Systemzustände und Entwicklungspfade zu multiple nachhaltiges EVS

3.2 Universelle Besonderheiten im Transformationsprozess

Liegt ein nationales EVS als Energiezelle mit ausreichender Eigenversorgung (EZ^{nat}) vor, so sind ab diesem Systemzustand nur die jeweiligen nationalen Nutzer in ihrer Gesamtheit der Betrachtung. Sie bilden eine prozessuale Invariante. Für sie gibt es keine internationalen Versorgungsrisiken aus dem Verbundnetz mehr. Gleichwohl kann es internationale Primärenergieabhängigkeiten geben.

Der nächste Entwicklungsschritt ist die Weiterentwicklung zur quasi – autarken Energiezelle ($EZ^{nat|qa}$). Ein Systemzustand der die nationale elektrische Energieautarkie enthält. Dieser Zustand kann dann in die vollständige nationale Klimaneutralität überführt werden ($EZ^{nat|a}$).

Die weiteren Entwicklungsschritte beziehen sich auf strukturellen Entwicklungen innerhalb der nationalen autarken EZ. Dabei wird erreichte Status einer nicht $EZ^{nat|a}$ mehr verlassen. Es gibt jedoch unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten von Systemzuständen durch die Verteilungen der Energiezellen $EZ^{regio|a}$ bis $EZ^{1:1 nano|a}$. Wesentlich ist die Einhaltung des Kleinteiligkeitsprozess, der als einen ersten notwendigen Schritt die erste nationale Zellteilung enthält. **Diese Zellteilung** (s. Abb. 5) **bedeutet die Erreichung des Minimalzustandes eines multiple nachhaltigen EVS.**

Die maximale Kleinteiligkeit wird im Systemzustand erreicht, der nur aus autarken 1:1 Nanozellen besteht. **In diesem Zustand ist auch das volkswirtschaftlich bedingte Versorgungsrisiko auf ein absolutes Minimum abgesunken.**

4 Organisation

4.1 Organisationen im IST

Die nationalen elektrischen *EVS* werden im IST i.d.R. durch Staats- oder Privatunternehmen nach betriebswirtschaftlichen Grundregeln geführt. Dies bedeutet, die

- betriebswirtschaftliche Effizienz ist primär handlungsbestimmend.
- Investitionsentscheidungen basieren auf Renditeerwartungen.
- Erwartung eines maximalen Unternehmensgewinn. [14]

Damit ist das Oberziel eine Kapitalertragssteuerung zur Ergebnisabfuhr an die Anteilseigner. Als Beispiel hierfür sei die Festlegung eines unternehmerischen internen Zinsfußes für Neu – Investitionen genannt.

Dieses Ziel bezieht sich auf das technische *Produkt – elektrische Energie* beim Nutzer.

4.2 Organisationen für multiple nachhaltige *EVS*

Die möglichen Organisationsformen müssen das Axiom III einhalten,

- *„Elektrische EVS dürfen nur von Organisationen geführt werden, die primär nicht nach dem betriebswirtschaftlichen ‚Gewinnprinzip‘ arbeiten, sondern ökologische ‚not net loss – Ansätze‘ entwickeln.“* [11]

Damit kann das Oberziel, die nationale Umsetzung gesellschaftlicher Vorgaben, erreicht werden.

Dieses Ziel bezieht sich auf das kulturell – technische Produkt – *elektrische Energie* beim Nutzer.

Als mögliche Organisationsform seien Non – Profit – Organisationen (NPO) genannt. [15], [16] Eine exemplarische Definition ist

- *„NPO sind [...] Organisationen, die einen gesellschaftlich als sinnvoll und notwendig anerkannten Leistungsauftrag folgen und dabei nicht in erster Linie vom der Gewinn-generierung geleitet werden.“* [17]

Literatur

- [1] Marquard, O.; Zukunft braucht Herkunft. Kap. Zukunft braucht Herkunft, Philosophische Betrachtungen über Modernität und Menschlichkeit; Reclam; 2003; ISBN 978-3-15-020617-1 <https://www.reclam.de/data/media/978-3-15-020617-1.pdf>
- [2] Benthaus, M. ; A coupled technological-sociological model for national electrical energy supply systems including sustainability. Fig. 2; Energ Sustain Soc 9, 50 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0221-4>
- [3] Council of European Energy Regulators (CEER); 7TH CEER-ECRB BENCHMARKING REPORT ON THE QUALITY OF ELECTRICITY AND GAS SUPPLY; 2022; ELECTRICITY – CONTINUTY OF SUPPLY, p. 56; <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-e19caae8-95cf-f048-0664-0720228881bb> abgerufen am 09.03.2023
- [4] Jänich, K.; Topologie, Kap. 1.; 8. Auflage; Springer; 2008; ISBN 978-3-540-21393-2 <https://link.springer.com/book/10.1007/b138142>
- [5] Deiser, O.; Analysis 2, Kap. 2, 2. Abschnitt Topologische Grundbegriffe; Springer Spektrum; 2012; ISBN 978-3-642-34174-8 <https://ur.uzbek-books.sk/book/2072165/7b8529/analysis-2.html>
- [6] O'Searcoid, M.; Metric Spaces, Chap. 11; Springer; 2007; ISBN-13: 978-1-84628-369-7 <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-84628-627-8>
- [7] Our World in Data; Electricity production by source, World; <https://ourworldindata.org> abgerufen 08.2023
- [8] BDEW; Entwicklung der Stromnetze in Deutschland; 2023; <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-der-stromnetze-deutschland/> abgerufen 11/2023
- [9] Randers, J.; 2052 Der neue Bericht an den Club of Rome, Kap. 5; 5. Auflage; oekom verlag München; 2012; ISBN 978-3-86581-665-8
Randers, J.; 2052: A global forecast for the next forty years; The future in Practice. The State of sustainability Leadership; University of Cambridge <https://www.cisl.cam.ac.uk/system/files/documents/jorgen-randers-2052-a-global-forecast-for-the-next.pdf>
- [10] Popper, K.; Logik der Forschung; III. Kap., 16. Theoretische Systeme, S. 41 ff.; 9.Auflage; J.C.B. Mohr (Paul Siebeck); 1989; ISBN 3-16-345485-2 <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1524/9783050063782/html>
- [11] Benthaus, M., Gosper, L. National electrical energy supply: foundations of a future system. Energ Sustain Soc 13, 41 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00420-5>
- [12] Wikipedia; Inselnetz; <https://de.wikipedia.org/wiki/Inselnetz> abgerufen am 24.01.2024
- [13] Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität; Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten, S.13; Wien 2023
BMK_Energie_in_OE2023_barrierefrei.pdf abgerufen 01/2024
- [14] Schneck; Lexikon der Betriebswirtschaftslehre; Gewinn, ökonomischer; 10. Auflage; Verlag C. H. Beck oHG; 2019 | ISBN 978-3-406-72647-7 <https://www.beck-shop.de/schneck-lexikon-betriebswirtschaft/product/24161221>
- [15] Simsa, et. al.; Handbuch der Nonprofit – Organisationen, Strukturen und Management; 5. Auflage; Schäffer Poeschel; 2013; <https://www.beck-shop.de>
- [16] Theuvsen, et. al.; Nonprofit – Organisationen und Nachhaltigkeit; Springer Gabler; 2017; <https://link.springer.com>
- [17] Gabler Wirtschaftslexikon; Definition Non-Profit-Organisation; <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/nonprofit-organisation-npo-39562> abgerufen 11/2023