*ENERGIESPEICHERTECHNOLOGIEN:*

 *Notwendigkeiten, Problemspektren, wissenschaftlich-technische Entwicklungen und Perspektiven*

 *Abstract*

Das hochgradig technisierte Deutschland absolviert mit seiner *Energiewende* eine einzigartige Bewährungsprobe mit beträchtlichen Risiken. Sie sollte programmatisch als gesamtgesellschaftlich abzustimmender, ebenso zu gestaltender, zu verwirklichender und zu verantwortender *ganzheitlicher Transformationsprozess* mit mannigfaltigen intrinsisch verknüpften naturalen, sozialen und humanen Dimensionen realisiert *w*erden. Nur ein solches komplexes Verständnis und Vorgehen vermag die Qualität und Quantität der beabsichtigten tiefgreifenden strukturellen und funktionellen Veränderungen zu sichern, deren substanziellen Kern die Energetik bildet. Eine skizzenhafte Übersicht (zugleich ein Diskussionsangebot) zu den Konstituenten der Energiewende bietet die nachfolgende Darstellung der *Teilprozesse, Ziele und Mittel des hoch komplexen Transformationsprozesses* [L.-G. Fleischer]

**Transformation des**

**ENERGIESYSTEMS**

*mit seinen hoch*

*komplexen naturalen,*

*sozialen sowie humanen*

*Dimensionen und*

*Interaktionen,*

**ENERGIE-**

**EINSPARUNGEN**

**beschleunigter**

**AUSSTIEG AUS DER**

**KERNENERGETIK**

*(nach dem Prinzip der*

*Kernfission)*

**nachhaltiges**

**Wirtschaften,**

**nachhaltige**

**Gesellschaft**

**innovative**

**TECHNOLOGIE-**

**ENTWICKLUNG**

(energetische, stoffliche und

informationelle

*Sachsysteme s*owie

 *Theoriensysteme)*

**konsequente und**

**koordinierte**

**SUBSTITUTION**

von fossilen und nuklearen

**mit erneuerbaren**

**Energieträgern –**

**Energiemix**

**EFFEKTIVITÄTS-**

**ERHÖHUNG**

– primär der Energetik –

*zielnormierte Größe,*

*Qualität der Wirksamkeit,*

***Wirkungsvektor***

**VERMINDERUNG**

**anthropogener**

**TREIBHAUSGAS-**

**EMISSIONEN**

**EFFIZIENS-**

**STEIGERUNG**

– primär der Energetik –

*aufwandsnormierte Größe,*

*Quantität der Wirksamkeit,*

***Wirkungsgrad***

Gegenwärtig dominieren kritische Debatten über die Ziele, Mittel sowie über faktische Erfolge und in ihrer Mehrzahl argumentativ gut begründete Vorschläge für dringliche Korrektive.

Mit der Energiewende in Deutschland setzt dieEnergiepolitik als essentieller Teil einer nachhaltigen Gesellschaftspolitik in dem bisher unzureichend koordinierten dynamischen Mix aus Primärenergieträgern (traditionellen Vermögens- und Einkommensenergieträgern) verstärkt auf erneuerbare und sich erneuernde Energieträger. Diese Einkommensenergien fließen – periodisch, intermittierend, regulär und irregulär fluktuierend, lediglich in Ausnahmen, wie bei der Erdwärme und der Erdrotation, kontinuierlich – einem Bilanzraum in einem bestimmten Zeitintervall bzw. zu einem Zeitpunkt zu. Sie werden den berechenbar limitierten natürlichen Flüssen innerhalb des Geosystems und dessen Bewegung entnommen, dabei direkt genutzt oder in zweckdienlicher Weise effektiv und effizient umgewandelt. Bezogen auf die (nach großtechnischen Maßstäben bewerteten) energietechnischen Anforderungen weisen Einkommensenergieträger zu niedrige Energiedichten und beträchtlich unterschiedene zeitliche Verfügbarkeiten: versorgungsgefährdende zeitliche Disproportionen zwischen dem ortsspezifischen Bedarf und den unmittelbaren Deckungsmöglichkeiten auf. Wegen der Fluktuationensowie den räumlichen und zeitlichen Divergenzen *-* der Nichtübereinstimmung zwischen den energiespezifischen Bedarfs- und Deckungsbilanzen - erlangen zentrale und dezentrale hierarchische und heterarchische *Netze sowie Speicher* einen exponierten Stellenwert im Energiesystem mit seinen komplexen Subsystemen.

Die Rohenergieträger - darunter im wachsenden Maße die favorisierten *Einkommensenergieträger,* wie Wind und Solarstrahlung – müssen im Interesse ihrer nachfolgenden Anwendung als Nutzenergien - generell in die üblichen Gebrauchsenergien gewandelt werden. Die anwendergerechten *Gebrauchsenergien* (Sekundärenergien, Endenergien) haben in der Prozesskette energetischer Transformationen/Konversionen demgemäß eine zentrale Stellung. Form-,zeit- und mengengerecht werden *elektrische Energie, Träger thermischer Energien* in allen Aggregatszuständen (dominierend als flüssige und gasförmige Phasen) und chemische Energieträger (Brennstoffe, Kraftstoffe, Treibstoffe agrarischen und/oder fossilen Ursprungs sowie eigens synthetisierte Gase) gefordert.

Die Funktionsweise und Vielfalt vorwiegend *dezentraler solarer Energiesysteme –* darunter vor allem Windenergieanlagen und die Photovoltaik -bedürfen der weitgehenden, möglichst ganzjährigen (Ideal: 8760 h = energiewirtschaftliches Jahr), *Leistungsabsicherung* mit stark zeitabhängigen komplizierten Lastgängen*.* Der Adaption dienen *dezentrale* (dabei autarke*) hybride und zentrale* Systeme: Vermaschte Netze zum Erfassen, Übertragen und Verteilen der Energie sowie effektive Speichertechnologien verschiedenster Wirkungsweisen und Kapazitäten.

Die Erforschung und Entwicklung leistungsfähiger und kostengünstiger *Energiespeichertechniken* möglichsthoher *Energiedichten* bilden - angesichts der zeitlichen Verfügbarkeit (Volllaststunden) erneuerbarer Energieträger (vor allem direkter und indirekter Solarenergie) in Deutschland - eine *wesentliche Bedingung* für deren umfassendere und effektivere Nutzung. Die Lösung dieses Problems ist mindestens gleichrangig mit dem Netzausbau im Nieder-, Mittel-und Hochspannungsbereich.

Die Weiterentwicklung und der Aufbau von *Energiespeichern*vor allemfür ‚STROM‘ (elektrische Energie) und ‚WÄRME‘ (thermische Energie) erweisen sich als unentbehrlich für die Systemsicherheit und –stabilität, für essenzielle Leistungsgleichgewichte zwischen der Energiebereitstellung und dem Energiebedarf bzw. für die Entkopplung von Erzeugern und Verbrauchern, für den Ausgleich der tages- und jahreszeitlich divergierenden Bedarfs- und Deckungsbilanz der verschiedenen Gebrauchsenergieformen**.** Selbst dann, wenn perfekte Netze verfügbar wären, werden komplementär Speicher als wichtige regelungstechnische Elemente benötigt. Aktuell lässt sich thermische Energie weitaus effizienter und kostengünstiger speichern als elektrische Energie.

*Kriterien* für die Auswahl aus der Vielfalt mechanischer, thermischer, elektrischer, chemischer, elektrochemischer, … , Speichertechniken sind grundsätzlich:

1. Speicher*kapazitäten* und -*energiedichten*
2. Speicher*wirkungsgrade*,
3. Speicher*dauern (Verweilzeiten)*
4. Speicher*be- und -entladezeiten*
5. spezifische Speicher*kosten* und generell die
6. *gesellschaftliche Akzeptanz*

Zu den auffällig polaren energietechnischen Problemen der gesellschaftlichen Akzeptanz gehören z.B. die Trassierung von Elektrizitätsleitungen, die Errichtung von Pumpspeicherwerken, die Auswahl und Verdichtung der Standorte für Windenergieanlagen, die Einrichtung von Gasspeichern für synthetische Gase und Kohlendioxid sowie adiabatische Druckluftspeicher in unterirdischen Kavernen.