

# **Ansätze für die Transformation des aktuellen Energieaufkommens in ein Nachhaltiges Energiesystem der Zukunft**

## ***Herausforderung für Politik, Industrie und Gesellschaft***

**Gerhard Faninger <sup>\*)</sup>**

### **1. Fakten der Energieversorgung von HEUTE**

In den Vorräten begrenzte fossile und nukleare Energieressourcen, Bedrohung der Umwelt und des Lebensraums durch klimarelevante Treibhausgase und radioaktive Strahlen, Gefahrenpotenzial durch Unfälle in Atomkraftwerken und ungelöstes Problem zur sicheren und langfristigen Endlagerung von radioaktivem Abfall sind ernstzunehmende Argumente für eine Umstrukturierung unserer derzeitigen Energieversorgung.

Umfangreiche internationale Studien belegen, dass mit einem weiteren Anstieg von klimawirksamen CO<sub>2</sub>-Emissionen - mit langfristiger Bindung in der Atmosphäre – die globale Erwärmung auf der Erdoberfläche einen Wert erreichen würde, der einen rasanten und vom Menschen nicht zu bewältigendem Klimawandel mit katastrophalen Auswirkungen für Mensch und Natur verursachen würde. Ziel nationaler und internationaler Politik – EU und OECD/IEA – ist es, fossile Energieträger bereits mittelfristig (2050) durch Erneuerbare Energieträger zu substituieren und auf den Einsatz von Nuklearenergie – zumindest auf der Basis der Kernspaltung – zu verzichten. In der Europäischen Union (Rat der Europäischen Union – Klimakonferenz Kopenhagen 2009) wurde als Energiepolitisches Ziel definiert, bis zum Jahre 2050 die Treibhausgas-Emissionen um mindestens 80% bis 95% gegenüber dem Niveau von 1990 abzusenken.

### **2. Anforderungen und Optionen zur Energie-Transformation**

Die Umstrukturierung der derzeitigen Energieversorgung auf ein „Nachhaltiges Energiesystem“ erfordert besondere Anstrengungen in Politik (als Hauptverantwortliche für Energie- und Umweltfragen), in Industrie aber auch bei der Allgemeinheit. Maßnahmen müssen deshalb gut überlegt, in deren Auswirkungen bewertet und eine wirtschaftliche und soziale Verträglichkeit angestrebt werden. Die Einbindung aller an der zukünftigen Energieversorgung Beteiligten ist deshalb in der Ausarbeitung einer Energiestrategie und deren Umsetzung essenziell.

Mit den bereits im Jahre 2020 zu erwarteten Problemen bei der Lieferung von Erdöl und Erdgas und dem prognostizierten Preisanstieg am Marktangebot wird die Energiewende zu erneuerbaren Energieträgern letztlich auch marktbedingt erfolgen. Ohne Anstrengungen zur Steigerung der Energie-Effizienz und für einen forcierten Anstieg Erneuerbarer Energie am Energieaufkommen würden sich aber ernstzunehmende Probleme hinsichtlich Versorgungssicherheit und leistbaren Energiepreisen für die Energiekonsumenten ergeben. Auch die angestrebte Reduktion klimarelevanter Emissionen beim Energieaufkommen könnte nicht erreicht werden. Mit einer Energiestrategie soll eine frühere als vom Markt bestimmte Umstrukturierung des Energiesystems erreicht werden, mit dem Vorteil einer rascheren Reduktion energiebedingter und klimarelevanter Emissionen und einer Verminderung wirtschaftlicher Probleme beim Bezug von Energiedienstleistungen.

---

*\*) Univ.-Prof. i. R., Dipl.-Ing. Dr. mont. Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates der AEE INTEC*

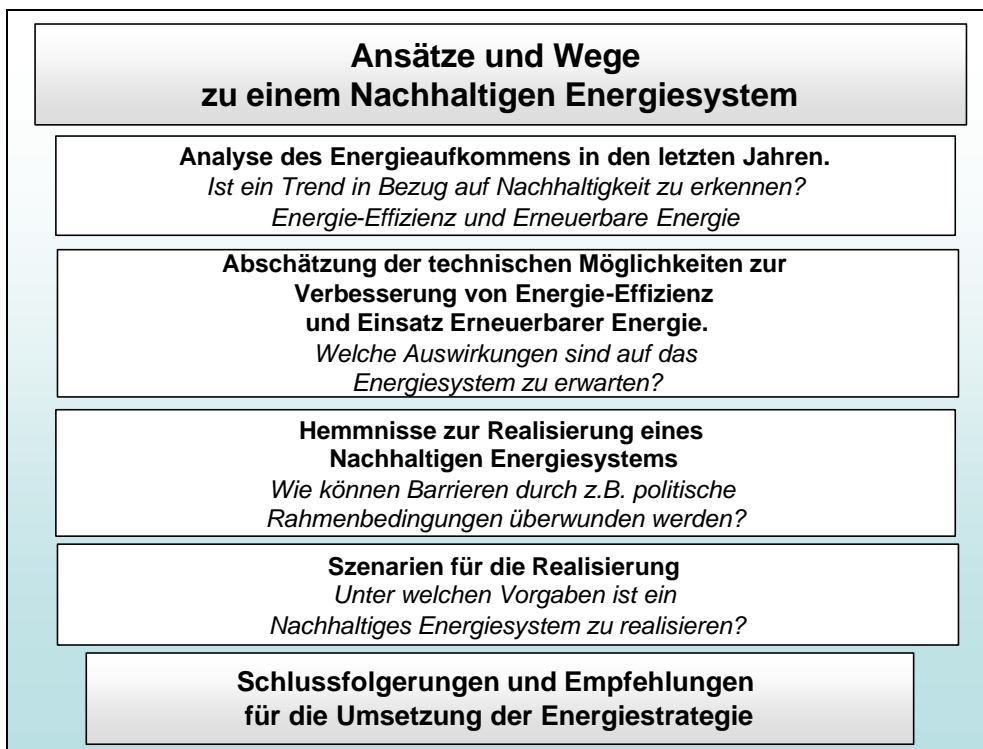


Abb. 1: Ansätze und Wege zu einem Nachhaltigen Energiesystem

Bei der Umsetzung der angestrebten „Energiewende“ hat „Energie-Effizienz“ in den Industriestaaten (mit einem hohen Energie-Einsparpotential) und „Erneuerbare Energie“ in den noch nicht entwickelten Ländern Priorität.

Beispiele für Energie-Effizienz-Maßnahmen sind verbesserter Wärmeschutz in Gebäuden, Effizienz-Steigerung im Wärme- und Strom-Sektor sowie in Industrie und Gewerbe. Aber auch mit einem Umstieg auf eine neue Technik kann Energie eingespart werden. Beispiele sind die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen und der Ersatz von Verbrennungs-Motoren mit Elektro-Motoren in der Mobilität.

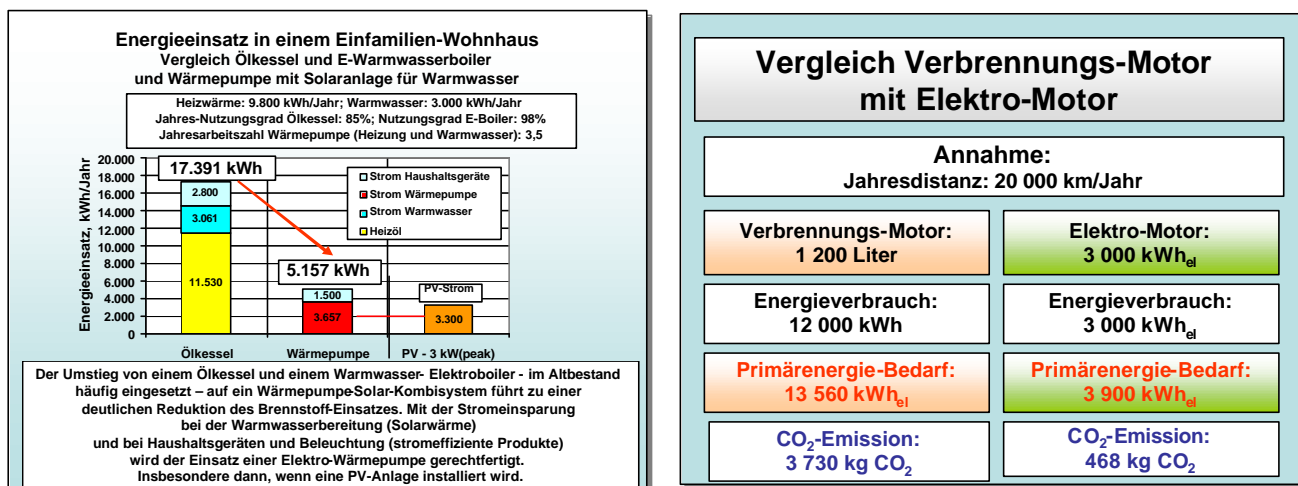


Abb. 2: Energie-Einsparung durch Umstieg auf eine neue Technik

In den noch nicht industrialisierten Ländern (Schwellen- und Entwicklungsländern) wird dem Ausbau Erneuerbarer Energie – vorwiegend auf der Basis Solar-, Wind- und in weiterer Folge auch Meeres-Energie - besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein.

Ein zukünftiges „Nachhaltiges“ Energiesystem erfordert die Substitution der aktuellen Anteile fossiler und nuklearer Energieträger: Weltweit 87%, OECD 91% und Österreich 73% sowie (als Beispiel) Kärnten 51%, Die erforderlichen Maßnahmen sind somit in den verschiedenen Regionen unterschiedlich. **Energiekonzepte sind deshalb auf regionaler Basis zu erstellen und in ein Gesamtsystem (z.B. Europa) einzubinden.**

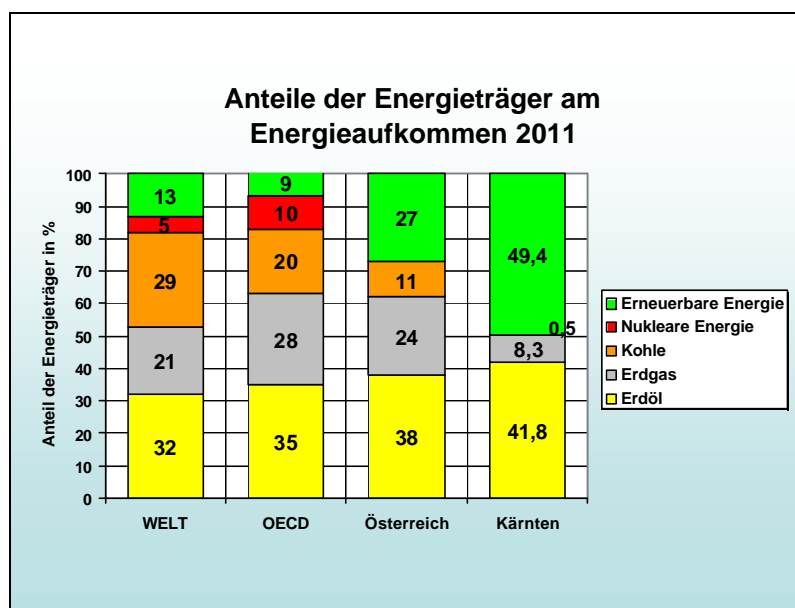


Abb. 3: Aktuelle Anteile erneuerbarer Energieträger am Energieaufkommen

Neben der Substitution nicht-erneuerbarer Energieträger müssen noch die Energie-Zuwachsraten abgedeckt werden, welche in den noch nicht industrialisierten Ländern auf Grund des Nachholbedarfes einerseits und des stärkeren Bevölkerungszuwachs andererseits deutlich höher als in Industriestaaten ausfallen sollten.

### 3. Planung des Energie-Systems

Für ein zukünftiges „Nachhaltiges“ Energiesystem stehen zwei Optionen zur Auswahl:

- Weltweites zentrales Energie-System und
- Regionale, dezentrale Energiesysteme.

Das in den Industriestaaten heute vorherrschende Energiesystem ist zentral und weltweit aufgebaut. Energieträger sind Handelsgut zwischen Öl-/Gas-Produktionsländern und Verbraucherländer. „Energie“ ist heute Welthandelsgut Nr. 1. Die Abhängigkeit der Industriestaaten zu den Öl- und Gas-Lieferländern birgt eine Gefahr in Bezug auf Versorgungssicherheit und Preisgestaltung. Dazu kommt noch, dass Länder mit Energie-Rohstoffen politisch instabil sind.

Dezentrale regionale Energiesysteme mit regional verfügbaren erneuerbaren Energieträgern bringen eine höhere Versorgungssicherheit sowie auch Vorteile in der Wertschöpfung der Region. Und erneuerbare Energieträger lassen sich in dezentralen Systemen effizienter einsetzen. Optimal erscheint in regionalen Energiekonzepten die Kombination von dezentralen Systemen mit einem zentralen (überregionalen) System: Das dezentrale Energiesystem wird von einem zentralen System (z.B. Stromnetz mit Anteilen von PV- Strom und Wind-Strom) unterstützt, und Überschussstrom aus den dezentralen Energie-Einheiten wird in das zentrale Netz eingespeist: *Intelligentes Energiesystem, Smart Grid, Smart Cities*.

### **3.1 Optionen / Visionen für ein weltweites Energiesystem der Zukunft**

#### **Option „Solare Welt-Energiewirtschaft“**

Mit der Inbetriebnahme der ersten solarthermischen Kraftwerke in den USA (1980, Barstow) und Europa (1981, Almeria/Spanien) wurde die Idee von einer „Solaren Welt-Energiewirtschaft“ zur Diskussion gestellt. Damit sollte das Ziel verfolgt werden, das derzeitige „Fossile Energie-Zeitalter“ in ein „Sonnen-Zeitalter“ überzuführen. Sonnenreiche Länder am Äquatorkreis – in denen die meisten heutigen Entwicklungsländer liegen – bekommen damit die Möglichkeit, die in ihrem Land angebotene hohe Sonneneinstrahlung (direkte Strahlung) zur Produktion von Strom und in weiterer Folge zur Erzeugung von Wasserstoff über Elektrolyse von Wasser in Wasserstoff einzusetzen und in die Verbraucherländer (Industriestaaten) über Hochspannungsleitungen bzw. Pipelines zu transportieren und zu verkaufen.

Wasserstoff als Energieträger kann gespeichert und transportiert werden und weist somit die besondere Attraktivität des derzeit aus Erdöl und Erdgas gut funktionierenden Energiesystems auf; somit eine ideale Fortsetzung einer globalen Energieversorgung. Die Attraktivität von Wasserstoff liegt aber insbesondere im Bereich des Einsatzes: Wasserstoff lässt sich in alle Formen von Nutzenergie umwandeln: Wärme, Strom und Arbeit. Bei der Nutzung von Wasserstoff entsteht kein CO<sub>2</sub> und auch die anderen Schadstoff-Emissionen werden nahezu vermieden: das Verbrennungsprodukt ist Wasser.

Das globale Potential für eine solare Wasserstoffproduktion in sonnenreichen Zonen ist grundsätzlich vorhanden, von einer weltweiten Wasserstoff-Produktion im Sinne einer „Solaren Wasserstoff-Energiewirtschaft“ als Kooperationsvorhaben von sonnenreichen (Entwicklungs-) Ländern und Industrieländern mit Aufbau eines weltweiten Verteilnetzes wird heute aus wirtschaftlichen und politischen Gründen eher abgegangen: Zu groß sind die Probleme für eine globale Zusammenarbeit und eine gemeinsame Finanzierung. Außerdem ist eine Wasserstoff-Produktion in Wüstengebieten unsicher, da das Wasser für die Elektrolyse oder photochemische Behandlung erst bereitzustellen ist und Meerwasser entsalzt werden muss. Auch Sandstürme sind ein Problem für die technischen Einrichtungen (Spiegelsysteme der Sonnenkraftwerke: Heliostate, Parabol-Spiegel, Zylinder-Wannen).

Obwohl keine internationalen Bemühungen derzeit bestehen, Strom von Sonnenkraftwerken aus der Saharazone nach Europa zu exportieren, wurde 2012 von einer europäischen Industriegruppe das *European „Solar DESERTEC“* Projekt vorgestellt, mit welchem bis zum Jahre 2050 15% des europäischen Stromverbrauches abgedeckt werden soll. Ob das erforderliche Budget von 400 Milliarden Euro aufgebracht werden kann und eine Kooperation mit den Ländern in der afrikanischen Saharazone möglich sein wird, darf bezweifelt werden.

Die bereits weit entwickelten thermischen Sonnenkraftwerke stellen jedoch eine ernstzunehmende Variante zur eigenen Stromerzeugung in sonnenreichen Ländern dar. Das erste im Jahre 2009 in Europa (Spanien) errichtete Solarkraftwerk „Andasol“ (Parabolrinnen-Typ) hatte eine Spitzenleistung von  $200 \text{ MW}_{\text{therm}}$ , mit dem 200.000 Bewohner in Südspanien mit Strom versorgt werden. Bis Ende 2013 wurden in der kalifornischen Mojave-Wüste thermische Sonnenkraftwerke mit einer Spitzenleistung von  $800 \text{ MW}_{\text{therm}}$ , in der Wüste Nevadas in Spanien  $2.300 \text{ MW}_{\text{therm}}$  und im Rest der Welt (z.B. Marokko)  $300 \text{ MW}_{\text{therm}}$ , zusammen  $3.425 \text{ MW}_{\text{therm}}$  installiert.

### **Option „Energie-Satellit“**

Das Konzept für „Energie-Satelliten“ wurde Ende 1970 in den USA (Department of Energy, NASA) in Zusammenarbeit mit Europa (ESA, ESTEC) entwickelt. Mit der Produktion von solarem Strom (über Solargeneratoren) im Weltraum soll im Vergleich zu einer solaren Stromerzeugung auf der Erdoberfläche eine größere Stromausbeute über das Jahr erzielt werden. Nach diesem Konzept sollen über ein Shuttle-System Personal und Materialien in den Weltraum gebracht werden. Der Zusammenbau der Solarsysteme erfolgt im Weltraum. Der solar erzeugte Strom wird in Mikrowellen umgewandelt und auf die Erdoberfläche gestrahlt. Mit Antennen erfolgt an der Erdoberfläche die Umwandlung der Mikrowellen in elektrischen Strom.

Das für drei Jahre angesetzte Forschungsprogramm wurde im Jahre 1981 beendet, mit dem Ergebnis, dass mit Energie-Satelliten aus technischer Sicht zwar günstig solarer Strom zu erzeugen ist, ökonomische, soziale und internationale sowie insbesondere umweltbezogene Aspekte eine Realisation nicht erwarten lassen. Auch die Gefahr der Abstrahlung von Mikrowellen darf nicht unterschätzt werden.

### **Option „Floating Solar Chimney Technology“**

Die Grundidee basiert auf einem großen Luftkollektor, in dem über Solarstrahlung warme Luft erzeugt und diese über einen hohen Kamin zu einer Turbine zur Stromerzeugung aufsteigt. Diese Idee wurde bereits im Jahre 1931 in der Literatur beschrieben und im Jahre 1982 in Manzanaras in Spanien, 150 km südlich von Madrid, als Pilotprojekt realisiert. Dieses Kraftwerk war 8 Jahre in Betrieb, die Betriebsergebnisse waren aber nicht wirtschaftlich erfolgreich. Durch einen Sandsturm wurden die Kollektorflächen zerstört und nicht mehr erneuert. Mit einer verbesserten Version - 3 000 m hoher Turm, 100 m Durchmesser, leichtere Strukturen – wird ein verbesserter Wirkungsgrad mit reduzierten Stromerzeugungskosten in sonnenreichen Ländern erwartet. Von diesem Konzept ist noch kein Pilot-Projekt in Betrieb, so dass eine wirtschaftliche Bewertung im Vergleich zu Solarkraftwerken (thermisch und elektrisch) sowie Windkraftanlagen möglich ist. Als Standorte kommen allerdings nur sonnenreiche Länder mit großem Platzangebot in Frage.

### **Option „Meeres-Energie“**

Entscheidende Beiträge zur zukünftigen Energieversorgung werden von der Meeres-Energie erwartet. Neben den - örtlich begrenzten - Gezeiten-Kraftwerken sind Techniken zur Energiegewinnung aus Meeres-Wellen und aus dem thermischen Gradienten der Meere derzeit in Entwicklung und Erprobung.

Die Energieausbeute der Meeres-Energie-Systeme wird auf 100 – 300 EJ/Jahr geschätzt. Meereswellen werden von Winden über die Meeresoberfläche hervorgerufen. Diese werden

durch die unterschiedliche Sonneneinstrahlung an der Meeresoberfläche und an den Küsten hervorgerufen. Die Wellenleistung rund um die weltweiten Küsten wird auf 2 - 3 Millionen Megawatt geschätzt.

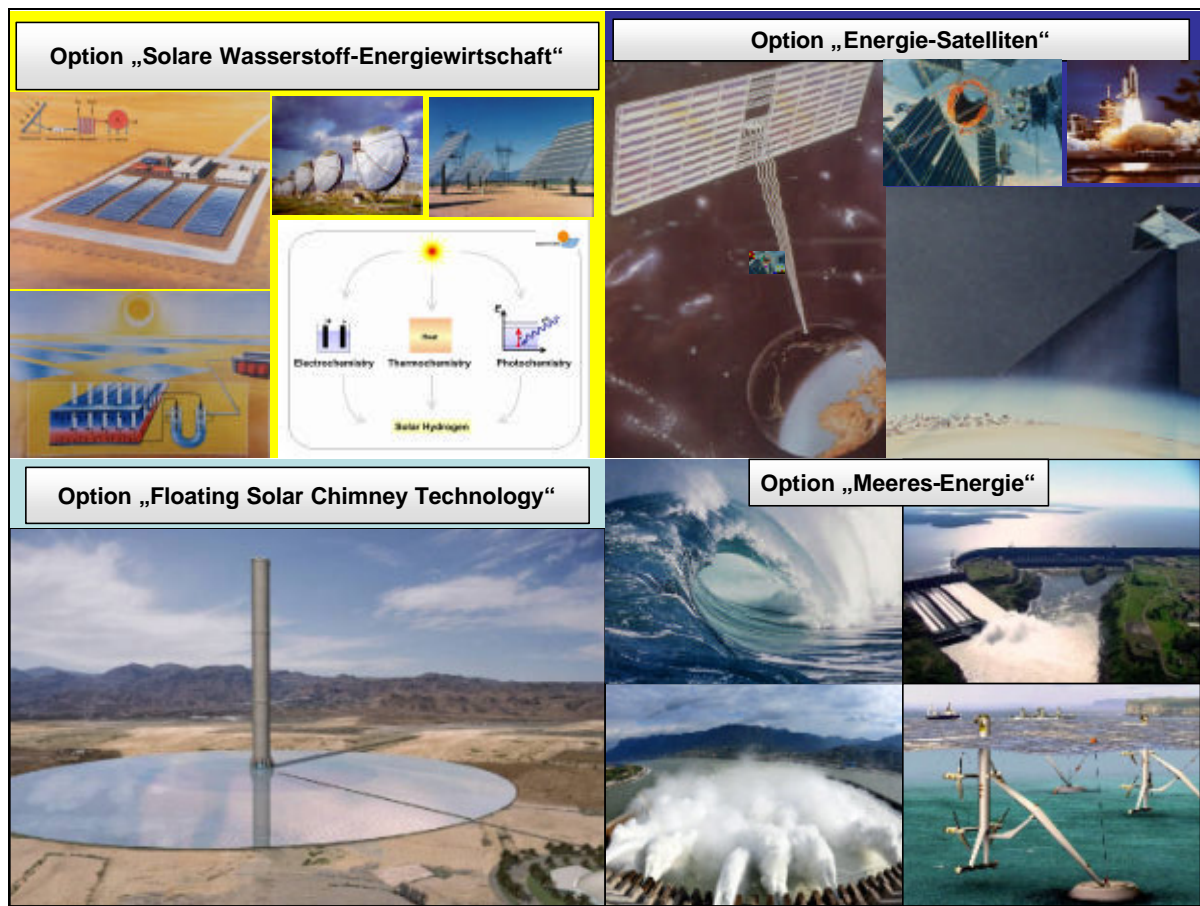


Abb. 4: Energie-Optionen: Solare Wasserstoff-Energiewirtschaft, Stromproduktion im Weltall und „Floating Solar Chimney Technology“

### 3.2 Regionale dezentrale Energiesysteme

In Industriestaaten wird heute Regionalen Energiekonzepten der Vorzug gegeben. Die Entscheidung liegt bei den Staaten (als Verantwortliche für die Energie- und Umwelt-Politik), in den EU-Mitgliedsländern mit Empfehlungen / Direktiven durch die EU-Kommission.

Den regionalen Energiekonzepten wird ein zentrales europäisches Stromnetz für die Einspeisung von dezentralen Photovoltaik- und Windkraft-Anlagen zugeordnet, um einen möglichst effizienten Ausgleich der fluktuierenden Stromerzeugung dieser Energiesysteme zu ermöglichen.

Mit Regionalen Energiekonzepten sollen einerseits die Energie-Effizienz bei Erzeugung und Verbrauch in der Region sichergestellt und andererseits lokale erneuerbare Energieträger zur Abdeckung des Energieverbrauches in der Region eingesetzt werden. Damit wäre auch eine höhere Wertschöpfung in der Region verbunden.

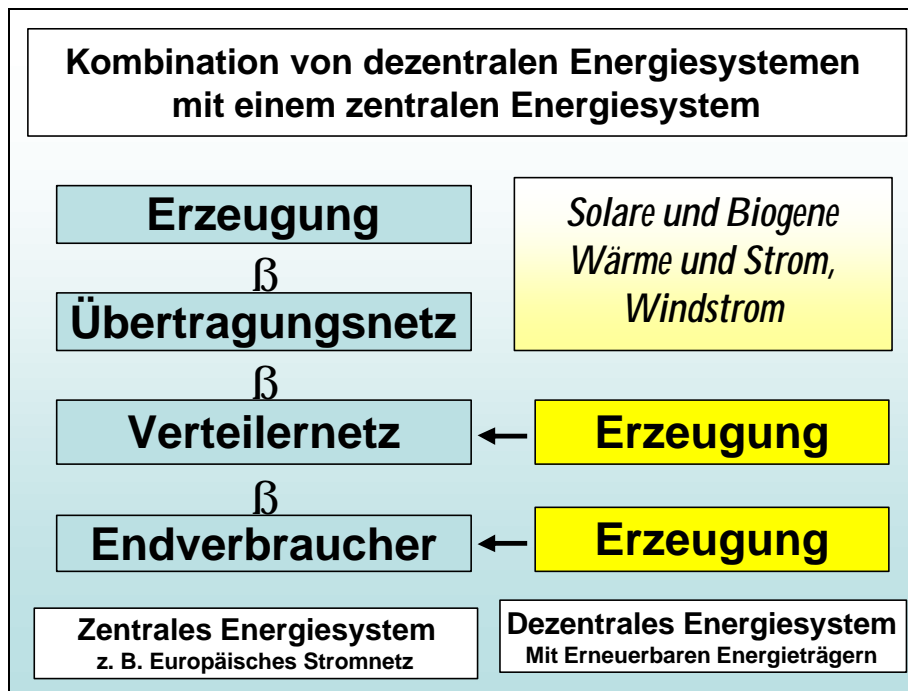


Abb. 5: „Intelligente“ Energiesysteme:  
Kombination von dezentralen (regionalen) Energiesystemen  
mit einem zentralen Energiesystem

#### 4. Energie-Strategie, Energie-Szenarien und Energie-Konzepte

##### 4.1 Energie-Strategie

Die Ausarbeitung eines Energie-Konzeptes erfordert eine Energie-Strategie mit Zielvorgabe. Diese wird von der nationalen Energiepolitik vorgegeben, unter Beachtung der Empfehlungen/Direktiven der EU-Kommission für EU-Mitgliedsstaaten. Die Umsetzung der Energie-Strategie erfolgt im Allgemeinen in den Regionen und Kommunen.

##### 4.2 Energie-Szenarien

Die Ausarbeitung von Energie-Szenarien erfolgt auf der Grundlage der vorgegebenen Energie-Strategie. In den Szenarien werden verschiedene Varianten vorgegeben und miteinander nach energetischen, ökologischen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet.

Prioritäten bei der Ausarbeitung von Energie-Szenarien haben die in der Region vorliegenden Möglichkeiten und Potenziale zur Energie-Transformation: Energie-Effizienz-Potentiale und verfügbaren regionale erneuerbare Energieträger.

Energieszenarien bauen auf der Entwicklung des Energiemarktes der letzten Jahre (z.B. 10 Jahre) auf, einerseits unter Annahme gleicher Randbedingungen („*Business as usual*“) und andererseits mit Vorgabe von Zielvorstellungen in Bezug auf verbesserte Energie-Effizienz bei Aufbringung und Verwendung sowie auf einen verstärkten Einsatz Erneuerbarer Energieträger: „Nachhaltiges“ Energiesystem.

Das Szenario zum Aufbau eines nachhaltigen Energiesystems mit dem Schwerpunkt Erneuerbare Energie verfolgt die folgenden Ziele:

- Mittelfristige Substitution von Fossilen und Nuklearen Energieträgern durch Erneuerbare Energieträger, zunächst über dezentrale Erzeugungseinheiten und später mit Integration in zentrale Verteilnetze (thermisch und elektrisch).
- Entwicklung von Langzeit- (saisonalen) Speichern für Erneuerbare Energieträger mit zeitlichen Schwankungen im Angebot.
- Aufbau eines Energiesystems mit dezentraler Erzeugung und mit einem transportierbaren Sekundär-Energieträger, produziert aus Erneuerbarer Energie (z.B. Wasserstoff, E-Methangas).

**Die aktuelle Vision für ein zukünftiges Energiesystem ist der Aufbau eines vorrangig auf Erneuerbaren Energieträgern basierenden „Nachhaltigen“ Energiesystems in einer Kreislaufwirtschaft, in Verbindung von höchst möglicher Energie-Effizienz bei Erzeugung und Nutzung und – wenn realisierbar – mit späterer (nach 2100) Nutzung der Kernfusion.**

Die Ergebnisse von Energie-Szenarien weisen auch Grenzen auf: Entscheidende Faktoren für die zukünftige Energieversorgung sind nicht abgesichert: Entwicklung der Weltbevölkerung, Verfügbarkeit von Energieträgern, Zuverlässigkeit der Versorgung, Entwicklung der Energiepreise, Umweltauswirkungen bei Erzeugung und Einsatz von Energieträgern, zusätzlicher Energiebedarf in Entwicklungsländern zum Zwecke der wirtschaftlichen Entwicklung (Nachholbedarf), tatsächlich erreichbare Reduktion des Energiebedarfes in Industrieländern durch verbesserte Energieeffizienz und tatsächlich realisierbarer Einsatz Erneuerbarer – im allgemeinen lokaler - Energieträger.

### **4.3 Planung eines zukünftigen Energiesystems**

Die Planung eines regionalen Nachhaltigen Energiesystems erfordert eine systematische Vorgehensweise unter klaren Vorgaben bzw. Zielen.

- Energieeffizienz im Sinne einer Vervielfachung der Produktivität der eingesetzten Energie. Derzeitige Energiedienstleistungen sollten langfristig mit der Hälfte der derzeitigen Energiemengen abzudecken sein.
- Erneuerbare Energieträger sollten den nach Energieeffizienz verbleibenden Primärenergiebedarf abdecken können.

Aus dem Wechselspiel zwischen Energiedienstleistungen (nach Energieeffizienz) und Einsatz Erneuerbarer Energieträger wird der Zeitpunkt der „Energiewende“ ermittelt.

### **Anforderungen an Transformations-Technologien**

Die Anforderungen an Transformations-Technologien beziehen sich auf:

(1) Transformation von Energie in thermischen Prozessen:

- Raumwärme: Wärmeschutz der Gebäudehülle
- Warmwasser: Einsatz von Solarwärme
- Hocheffiziente Kraft-Wärmekopplung in Verbindung mit Wärmepumpen-Technologien

(2) Transformation von Energieträgern in Antriebssystemen:

Umstellung von Verbrennungsmotoren auf elektrische Antriebe, mit Strom aus erneuerbarer Energie sowie auf biogene Brennstoffe und Wasserstoff / Methan, erzeugt über Strom aus erneuerbarer Energie.



Im Wärmebereich sind bei der Realisierung der Energiewende keine unüberwindbaren Probleme zu erwarten. Zunehmende Bedeutung wird Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen zukommen, mit Strom aus Erneuerbarer Energie.

Offene Fragen bestehen noch beim zukünftigen Energieeinsatz im Transport-Sektor: Biogene Energieträger, Strom, Wasserstoff, E-Methangas.

Initiativen im Bereich der Transformation im Sektor Mobilität werden nicht im regionalen Bereich zu organisieren bzw. zu regeln sein, sondern über die nationale und internationale (EU) Politik.

Flüssige Biomasse-Produkte (Ethanol, Bio-Diesel) müssen Produkte aus einer Nachhaltigen Forst- und Landwirtschaft, ohne Beeinträchtigung des Ackerbaus für Nahrungsmittel für Mensch und Tier sein. Die für den Anbau von biogenen Energieträgern zur Erzeugung von Biosprit erforderlichen Flächen sind nach den Kriterien der Landschafts- und Raumplanung festzulegen: z. B. ungenutzte Ackerflächen, Brachland, Stillgelegflächen.

Der für den vollständigen Ersatz von fossilen Brennstoffen im Transport-Sektor erforderliche zusätzliche Bodenbedarf von ca. 432 Millionen Hektar in der EU-27 zum Anbau von biogenen Energieträgern zur Biosprit-Erzeugung ist einerseits nicht verfügbar und außerdem nicht zu vertreten. Für die Beimischung von Biosprit bis 10% wäre derzeit ungenutzte Ackerfläche vorhanden.

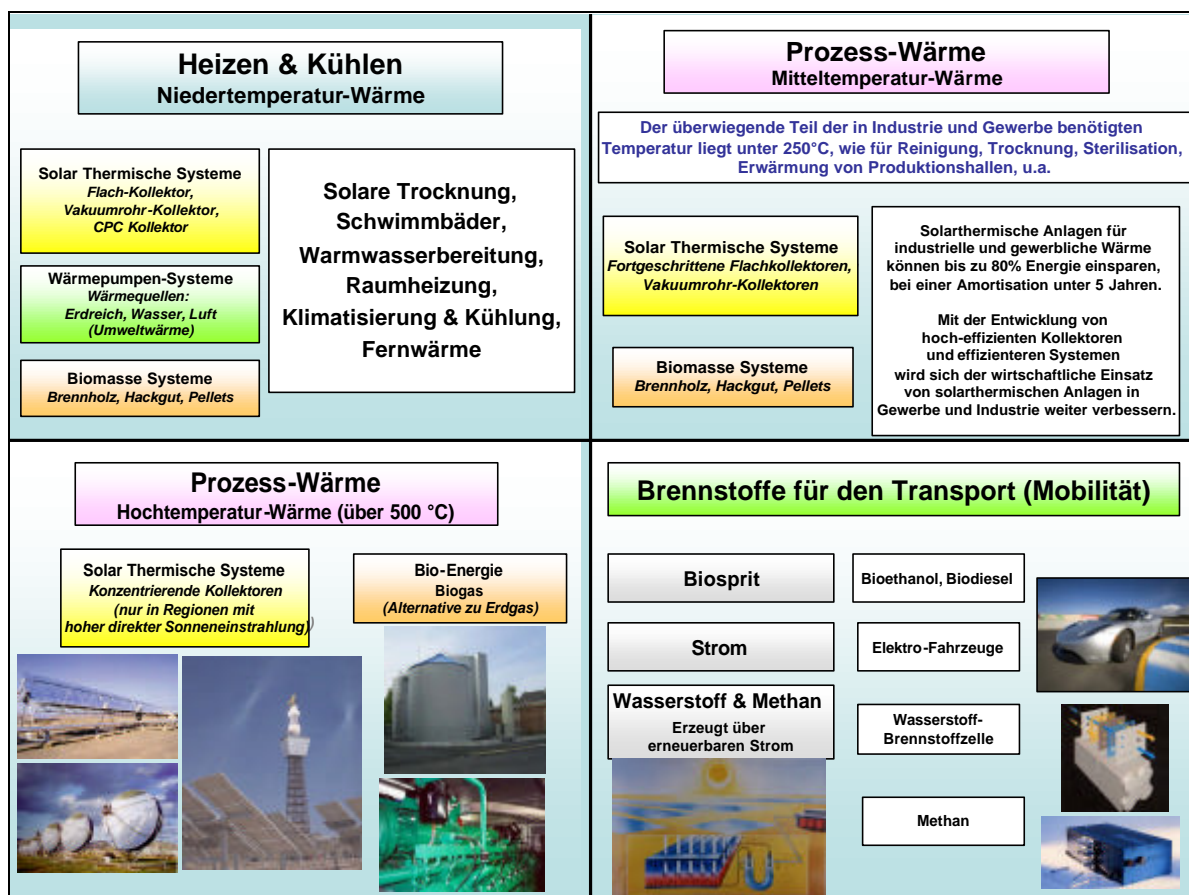


Abb. 6: Transformations-Techniken zur Energiewende

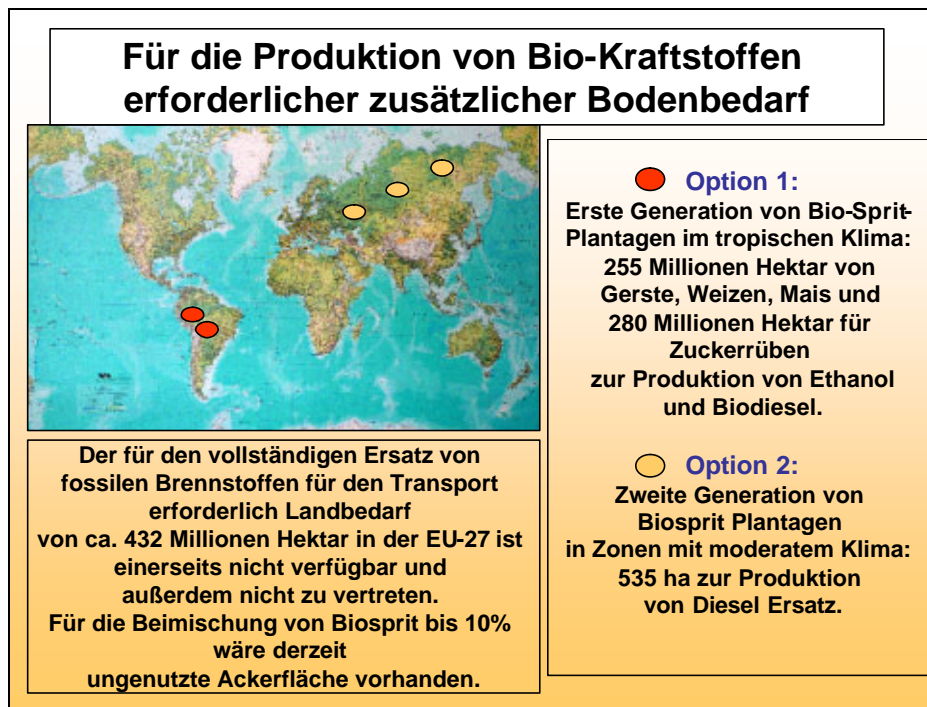


Abb. 7: Für die Produktion von Bio-Kraftstoffen in der EU erforderliche Bodenbedarf

Dem Umstieg von Verbrennungskraftmaschinen auf Elektro-Antriebe im Verkehrssektor werden auch in Zukunft Grenzen gesetzt sein: Elektro-Motore für Schwerkraft-Fahrzeuge, begrenzte Reichweite, offene Fragen der Batterie-Aufladung im Fernverkehr (wohl nur durch Batterie-Austausch zu bewältigen), Batterie Recycling. Die Zukunft wird wohl flüssigen und gasförmigen Brennstoffen gehören: Wasserstoff und Methangas, erzeugt aus erneuerbarer Energie. Strom wird sich auf den Nahverkehr und auf den Schienenverkehr fokussieren,

Entscheidend bei der Umsetzung der „Energiewende“ im Transport-Sektor wird das Angebot der Automobil-Produzenten sein.

Initiativen im regionalen Bereich werden sich im Transportsektor konzentrieren auf:

- Verbesserung der Attraktivität des öffentlichen Verkehrs,
- Zurückdrängen des privaten Pendlerverkehrs,
- Verlagerung des Transportes auf die Schiene,
- Test von alternativen Antriebssystemen im öffentlichen Verkehr.

### **Erneuerbare Energieträger und Soziale Akzeptanz**

Die Einführung dezentraler erneuerbarer Energieträger hat auch Gesellschafts- und Wirtschaftstransformierenden Charakter. Biogene Energieträger sowie Solar- und Windkraft-Anlagen verändern die Kulturlandschaft. Durch ihren dezentralen Charakter verändern sie räumliche Strukturen von Wirtschaft und Gesellschaft, ihre Verbreitung erfordert andere Infrastrukturen und führt zu anderen Mustern von Produktion und Konsum als zentralisierte Technologien - wie derzeit mit fossiler und nuklearer Energie.

Der Raum- und Siedlungsplanung kommen neue Aufgaben zu, wie z.B. Zuteilung von Bodenflächen für die Anpflanzung von biogenen Energieträgern oder zur Installation von Windturbinen und freistehenden PV-Anlagen. Für dezentrale solarthermische und

photovoltaische Anlagen haben sich im Gebäude integrierte Kollektoren und Solarmodule bewährt. Ästhetisch geplante solar-architektonisch Elemente im Bauwesen haben zu einer von der Gesellschaft akzeptierten „Solararchitektur“ geführt.



Abb. 8: Erneuerbare Energie, Flora und Fauna und Landschaftsbild

Bei der Planung von dezentralen Energiesystemen ist dem Natur- und Landschaftsschutz – Flora und Fauna – eine besondere Bedeutung zuzumessen. Der Natur sollte gegenüber der Energieerzeugung Priorität zugeordnet werden. Für die soziale Verträglichkeit und Akzeptanz ist aber auch das Landschaftsbild mit entscheidend: z.B. Windturbinen, insbesondere in sensiblen Gebirgslandschaften und Naturschutzgebieten.

## 5. Beispiele für Energie-Szenarien

### 5.1 IEA-Weltenergie Szenario 2035

Im *IEA-World Energy Outlook 2013* werden Energie-Szenarien für das Jahr 2035 erstellt, unter den Annahmen der Fortschreibung der Entwicklung des Energieverbrauches unter Beachtung der aktuellen politischen Randbedingungen in den Ländern einerseits (**Scenario New Energy Policies**) und andererseits mit der Vorgabe, dass die globale energierelevante Emission von Treibhausgasen (Verbrennung von fossilen Brennstoffen) global auf 450 ppm CO<sub>2</sub>-equivalent stabilisiert wird: **Climate-policy framework**. Damit soll ein globaler Temperaturanstieg auf der Erdoberfläche auf 2 °C begrenzt werden (450 Szenario).

Im IEA 450 Szenario wird angenommen, dass der Energieverbrauch (*Total Primary Energy Supply, TPES*) von 8.918 Mtoe (373 EJ) im Jahre 2011 auf 10.390 Mtoe (435 EJ) im Jahre 2035 ansteigt. Der durchschnittliche Jahreszuwachs im Energieverbrauch von 0,7 %/Jahr soll durch wirksame Energieeffizienz-Maßnahmen in den Industriestaaten sichergestellt werden.

Nach dem IEA 450 Szenario werden die energierelevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen von 31.342 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahre 2011 auf 22.055 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahre 2035 reduziert. Dies wird

insbesondere durch den wachsenden Umstieg von fossilen Energieträgern auf Erneuerbare Energie erreicht.

## **5.2 Energie-Strategie und Energie-Konzept für Österreich und Kärnten**

Die Ausarbeitung der Energiekonzepte 2050 für Österreich und Kärnten erfolgt nach der im Abschnitt 4 beschriebenen Methode. Für die Prognose des Energiebedarfs und der Marktentwicklung Erneuerbarer Energieträger werden die Ergebnisse der vorangegangenen 5 Jahre herangezogen. Im Sinne des vorgegebenen energiepolitischen Zieles wird im Energieeinsatz eine Reduktion von 20% - durch Effizienz-Maßnahmen - bis zum Jahre 2020 angesetzt. Im *Moderaten Szenario* wird nach 2021 mit einem Zuwachs im Energiebedarf von durchschnittlich 1% pro Jahr ausgegangen, im *Ambitionierten Szenario* soll im Zeitraum 2021 bis 2030 der Energieeinsatz durch weitere Effizienzmaßnahmen um zusätzliche 10% verringert werden.

Für die Prognose der Marktentwicklung Erneuerbarer Energieträger werden die in den letzten 5 Jahren realisierten Jahreszuwächse herangezogen, wobei für solarthermische und solarelektrische (PV) Systeme sowie Wärmepumpen ein forcierter Marktzuwachs angestrebt wird. Der Einsatz von Hackgut und Pellets wird im Niedertemperatur-Wärmebereich zurückgenommen, um diese biogenen Energieträger zur Erzeugung von Prozesswärme und von biogenen Treibstoffen verfügbar zu machen. Im Energiekonzept für Kärnten werden unterschiedliche Marktzuwächse in den Zeitperioden 2010 – 2020, 2021 – 2030, 2031 – 2040 und 2041 – 2050 zugrunde gelegt.

Der Zeitpunkt der Energiewende wird erreicht, wenn der erforderliche Energie-Bedarf über Erneuerbare Energieträger abgedeckt werden kann.

Die Ergebnisse der Szenarien führen zu dem Schluss, dass sowohl in Österreich als auch im Bundesland Kärnten bis zum Jahre 2050 die Energiewende zu realisieren ist, in Kärnten auf Grund des derzeitigen höheren Anteils Erneuerbarer Energieträger am Energieverbrauch (49%) im Vergleich zu Österreich (27%) zu einem früheren Zeitpunkt.

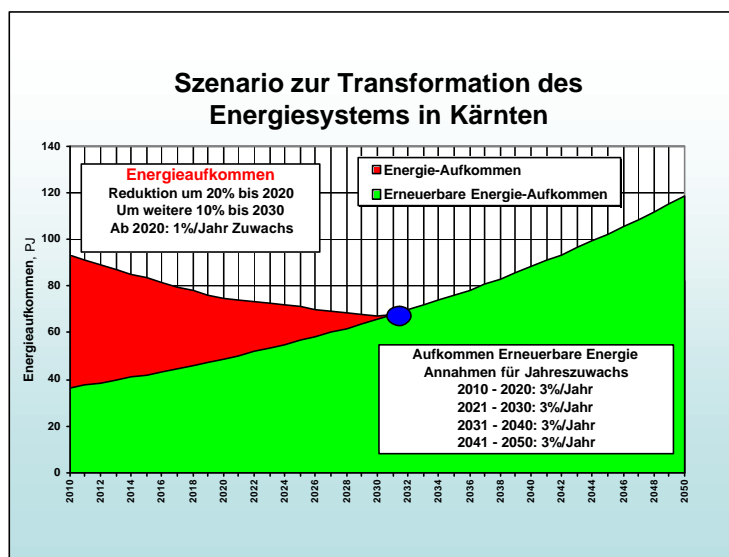
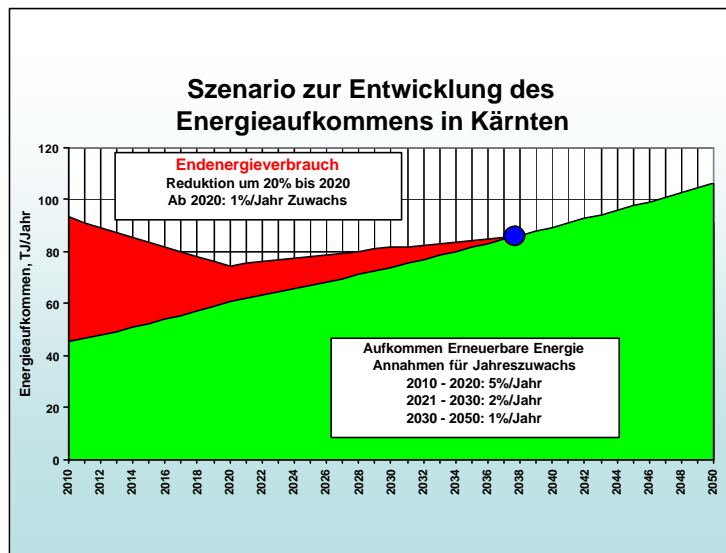
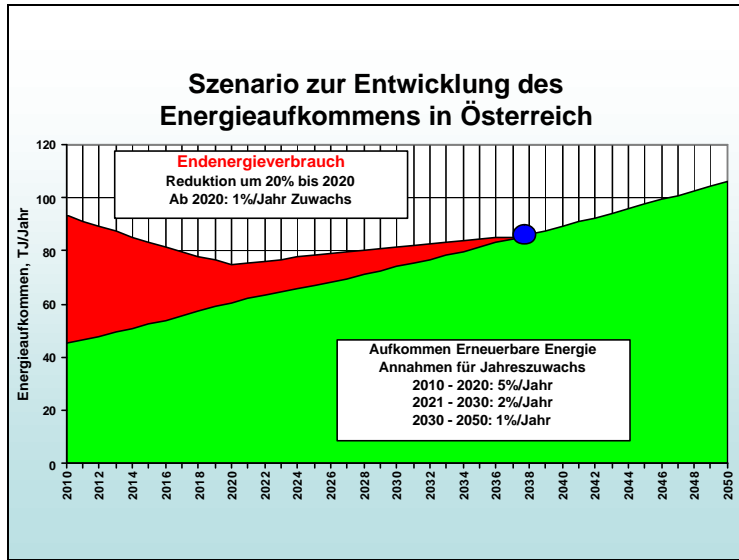


Abb. 9: Ergebnisse der Energie-Szenarien 2050 für Österreich und Kärnten

## **6. Umsetzung der Energie-Strategie und des Energie-Konzeptes**

Die Umsetzung der im Energie-Konzept ausgearbeiteten Maßnahmen erfolgt über einen **Energie-Masterplan**, in dem alle Handlungsmöglichkeiten zu berücksichtigen sind.

Der stärkeren Nutzung von biogenen Energieträgern sowie von PV- und Wind-Strom wird in Zukunft eine größere Bedeutung zuzumessen sein. Der Einbindung der Forst- und Landwirtschaft sowie der regionalen Stromanbieter ist deshalb bei der Umsetzung des Energiekonzeptes Rechnung zu tragen.

Die von der Forstwirtschaft bereit zu stellenden und über das Jahr gesicherten Biomasseprodukte aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung sind zu ermitteln und zu garantieren, mit Kostenangaben für Bringung, Transport und Zwischenlagerung. Wesentliche Fragen betreffen die Produkte für die Herstellung von Biosprit (Ethanol, Mais etc.) sowie die für deren Produktion in Frage kommenden Flächen: z. B. ungenutzte Ackerflächen, Brachland, Stillgelegflächen. Die für den Anbau von biogenen Energieträgern zur Erzeugung von Biosprit erforderlichen Flächen sind nach den Kriterien der Landschafts- und Raumplanung festzulegen. Eine ökologische und politisch vertretbare Bewertung ist vor einer Option zur Erzeugung von Biosprit abzuklären.

Eine zunehmende Bedeutung ist der Photovoltaik zur Stromerzeugung zuzumessen, vorrangig über im Gebäude integrierte Anlagen. Das Flächenangebot einerseits und der angenommene moderate Jahreszuwachs andererseits lassen einen Beitrag von 20% am derzeitigen Stromangebot in Österreich erwarten.

Die in der Region angesiedelte Elektrizitätswirtschaft sollte angehalten werden, die Stromerzeugung aus „sonstigen“ erneuerbaren Energieträgern (Photovoltaik, biogene Energieträger, Windkraft) in ihr Erzeugungsprogramm aufzunehmen, mit einem Mindestanteil an der Stromerzeugung bzw. Stromlieferung.

### **Monitoring der Ergebnisse zur Umsetzung der Zielvorgaben**

In der Praxis werden die Zielvorgaben nicht immer erfüllt werden. Mit Monitoring der Ergebnisse auf Jahresbasis sind Abweichungen von den Zielvorgaben zu analysieren und ggf. Änderungen bei den Umsetzungsmaßnahmen vorzusehen. Entscheidend sind die Änderungen bzw. Fortschritte in der Energie-Effizienz in allen Verbrauchersektoren und am Beitrag erneuerbarer Energieträger.

## **7. Zusammenfassung und Schussfolgerung**

Es ist ein Faktum: Das „Fossile Zeitalter“ neigt sich dem Ende zu und die mit der Verbrennung fossiler Energieträger verursachten Emissionen gefährden unser Klima und damit unseren Lebensraum in einer beängstigenden Form. Ein Ausweg über die in den Vorräten ebenfalls begrenzten nuklearen Energieträger mit dem radioaktiven Gefahrenpotential ist problematisch und so bleiben somit nur die Möglichkeiten einer verbesserten „Energie-Effizienz“ bei Erzeugung und Anwendung und die Rückbesinnung auf lokal verfügbare Energieträger in einer Kreislaufwirtschaft: „Erneuerbare Energieträger“.

Energiesysteme auf der Basis von erneuerbaren Energiequellen besitzen zwar ein praktisch unbegrenztes Angebotspotential, ihre Nutzung in großem Umfang ist jedoch erst dann denkbar, wenn sie im Vergleich zu bereits eingeführten Energiequellen und

Umwandlungssystemen auch wirtschaftlich werden. Dies ist heute nur unter bestimmten Randbedingungen gegeben.

Die Aufgabe, bereits in den nächsten Jahrzehnten eine Substitution der fossilen Energieträger zu erreichen und nicht auf nukleare Energieträger zurückgreifen zu müssen, ist derart gewaltig, dass nur fundierte und wirksame Langfriststrategien auf nationaler und internationaler Ebene mit entsprechenden Umsetzungsstrategien zur Lösung dieses Problems beitragen können.

Ein nachhaltiges Energiesystem der Zukunft wird das Ergebnis von technischen Innovationen in Verbindung mit einer Reihe von zum Teil drastischen Änderungen in Energiewirtschaft und Gesellschaft sein. Der Aufbau eines neuen Energiesystems, welches die derzeit nach den Regeln des freien Marktes funktionierende Energiewirtschaft ablösen soll – und dies in einer relativ kurzen Zeitperiode – ist ohne energiepolitische Rahmenbedingungen nicht zu erreichen. Die Forderung nach mehr Energie-Effizienz, Substitution fossiler Energieträger, Ergänzung zentraler Energiesysteme mit dezentralen Einheiten, verbessertes Energiemanagement, höhere Umweltverträglichkeit, bedeuten wesentliche Eingriffe in die derzeitige Energie-Infrastruktur und in die Kosten der Energieversorgung. Diese vielseitigen Forderungen erfordern eine langfristige Planung mit konsequenter Umsetzung.

## **Literatur:**

Die Langfassung des Manuskriptes ist zum freien Download abgelegt unter:

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)

/1/ IEA World Energy Outlook 2013

<http://www.worldenergyoutlook.org>

/2/ IEA World Energy Statistics 2013

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name-31287-en.html>

/3/ G. Faninger: Die Bedeutung der Wärmepumpe in der Energiestrategie Österreich 2020

3. Wärmepumpenforum 2011, RENEXPO AUSTRIA, 24. November 2011, Salzburg

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)

/4/ G. Faninger: Energie Neu Denken: Brauchen wir eine Energiewende? Feber 2012

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)

/5/ G. Faninger: Die Bedeutung von kombinierten Solar-Wärmepumpe-Heizungssystemen in der Österreichischen Energiestrategie. Juli 2012

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)

/6/ G. Faninger: PHOTOVOLTAIK - Eine energische Erfolgsgeschichte

Energiegespräche 19. März 2013, Technisches Museum Wien

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)

/7/ G. Faninger: Energiestrategie für Kärnten 2050

Mit Energie-Effizienz und Erneuerbarer Energie zu einem Nachhaltigen Energiesystem

Feasibility-Study, Alpen-Adria Universität Klagenfurt, IFF/IKN. Juni 2013

[klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm](http://klu.ac.at/iff/ikn/inhalt/18.htm)