



## JPR-Focus Nr. 01/22

---

*Der Newsletter von JPR Concepts & Innovation im neuen Format und weiterhin kostenlos.*

*Erscheint in drei Sprachen – Deutsch, Französisch, Englisch – nun 3- bis 4-mal im Jahr.*

*Vertiefte, ganzheitliche Gesichtspunkte zu aktuellen Fragen.*

*Texte aus diesem Newsletter dürfen gern in anderen Newsletter und Webseiten verwendet werden. Ein Hinweis auf den "JPR -Focus" als Quelle ist jedoch notwendig.*

---

Liebe Leserinnen und Leser

Herzlich willkommen zur ersten Nummer des JPR-Focus im Jahre 2022.

Es ist mittlerweile klar, dass unsere Energieversorgung auf der Basis, wenn nicht voll von erneuerbaren zumindest von kohlenstoffarmen Energiequellen in der Zukunft sichergestellt werden soll.

Viele Lieferanten der entsprechenden Technologien haben es verstanden. Sie weibeln darum intensiv, um ihre Technologie als diejenige unserer Zukunft zu platzieren. Grosse Pläne werden geschmiedet und ebenso grosse Versprechungen gegeben. Hat das alles Bestand?

Wir wollen im vorliegenden Beitrag versuchen eine realistische Antwort auf diesen Fragen zu bringen und am Beispiel der Schweiz wie die Versorgung aussehen könnte.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen.

Herzliche Grüsse

Ihr Jean-Pierre Rickli

---

## Mögliches Energie-Versorgungsmodell Schweiz

### 1. Einleitung

Die Weichen sind für eine Energieversorgung auf der Basis von erneuerbaren Energien klar gesetzt.

Es stellt sich allerdings immer deutlicher aus, die Umstellung viel komplexer als gedacht. Es geht nicht nur den Tank einfach mit einem anderen Brenn- oder Treibstoff zu füllen oder einen

neuen Anschluss für die Versorgung zu montieren. Es ist oft auch mehr, als das Haus einfach an zwei neuen Stromkabeln anzuschliessen.

Immer mehr Konzern- und Firmenchefs, Politiker aller Farben und Privatpersonen stellen fest, die gute Wille ist zwar notwendig, jedoch bei weitem nicht ausreichend. Es braucht viel Zeit, viel Geld und Geduld, um zum Ergebnis zu kommen, dass die optimale Lösung eine Kombination von lokalen Quellen sein muss. In anderen Worten, die optimale Lösung ist primär durch die am jeweiligen Standort verfügbaren Möglichkeiten gegeben und nicht durch die Bedürfnisse. Die äusseren Bedingungen sind massgebend und bringen Einschränkungen mit sich.

Somit erübrigt sich schon die Diskussion über die Energiequelle oder den Energieträger der Zukunft. Die Antwort lautet einfach: alle, nur nicht gleichermassen überall. Schwerpunkte und grobe Lösungsansätze sind allerdings möglich. Sie sind für die Planung von Entwicklungsarbeiten und von Infrastrukturen notwendig. Wir brauchen somit die Antwort auf folgenden Fragen:

- Wohin geht die Reise?
- Wie kommen wir dorthin?

Mit diesem Bericht wollen wir versuchen, wenn auch keine definitive Antwort, so zumindest Hinweise zu geben, wie die Zukunft aussehen könnte.

## 2. Was ändert sich gegenüber heute?

### 2.1 Die Eigenschaften der erneuerbaren Quellen

Wir haben diese Eigenschaften im JPR-Focus 01/21 im Detail analysiert. Hier die wichtigsten zur Erinnerung:

- Sie sind überall lokal verfügbar. Überall gibt es eine Sonneneinstrahlung, Luftbewegungen (Winde) und in sehr vielen Orten fliesst Wasser und wächst Biomasse auf. Jedoch, ihre Verfügbarkeit ist auch lokal sehr unterschiedlich. Es gibt Orte mit viel von einer Art oder von einer anderen oder solche mit einer ausgeglichenen Verfügbarkeit aber auf mittlerem oder tiefem Niveau. Diese Verfügbarkeit ändert sich mit der Tageszeit, mit dem Wetter und ist oft auch saisonal beeinflusst.
- Die örtlich anfallenden Energien (Wind, Sonne, Fliesswasser) können nicht für eine weitere Nutzung einfach transportiert werden. Sie müssen zuerst in eine andere Form, in einen Energieträger umgewandelt werden (Strom, Gas oder Flüssigkeit). Solche können dann auch für die Energiespeicherung genutzt werden.
- Eine Speicherung ist für diese Energien auch notwendig. Diese dient der Pufferung zwischen Angebot und Nachfrage. So ist auch eine optimale Nutzung der anfallenden Energie möglich.
- Die erneuerbaren Energieformen haben eine relativ tiefe Energiedichte. Das bedeutet, dass ihre Nutzung einen grossen Flächenbedarf hat. Erst ihre Umwandlung in Strom, Gas oder Flüssigbrennstoffe oder -treibstoffe bringt sie zu einer mit den heutigen Energievektoren vergleichbaren Dichte.
- Dieser zusätzliche Flächenbedarf ist dort wo die Energie gebraucht wird, meistens nicht ohne Weiteres verfügbar. Diese Flächen werden heute bereits für andere Nutzungen

gebraucht. Eine Mehrfachnutzung ist somit unerlässlich, was auch die energetische Nutzung stark einschränkt.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Zeit der Alleskönner und der alleinigen Lösungen vorbei ist. Es gilt dann die Kombination der verschiedenen vorhandenen Energiearten in Abhängigkeit der jeweiligen Bedürfnisse zu finden.

Die möglichst klare Kenntnis der energetischen Bedürfnisse wird somit zur Voraussetzung für eine optimale Nutzung der lokalen Energiequellen. Sollten die Bedürfnisse grösser sein als das lokale Angebot, so werden Versorgungslösungen regional, interregional, national oder dann international ins Auge gefasst. Da werden die Energievektoren eine Rolle spielen. Die Beantwortung dieser Fragen wird dann für Firmen, Industrie und andere Grossverbraucher von grosser Bedeutung sein.

## **2.2 Die Eigenschaften der Energievektoren**

### **2.2.1 Der elektrische Strom**

Der elektrische Strom wird ohne Frage eine zentrale Rolle in der künftigen Energieversorgung spielen. Er lässt sich relativ gut transportieren, auch über grosse Distanzen. Er ist flexibel und vielseitig. Die verschiedensten Bedürfnisse wie Beleuchtung, Antrieb von Maschinen aller Grösse, Wärme und Mobilität können mit Strom abgedeckt werden.

Der Abgleich zwischen Angebot und Nachfrage wird im heutigen Netz, durch die Produktionsanlagen sichergestellt. Ihre Leistung wird so geregelt, dass die Frequenz bzw. die Spannung innerhalb von engen Grenzen gehalten werden. Dafür wird zum Beispiel mehr oder weniger gespeicherte Energie der Anlage zugeführt. So wird das Angebot ständig der Nachfrage angepasst.

Die erneuerbaren Quellen können nicht nachgeregelt werden und viele stehen nicht immer zur Verfügung, wenn man den Strom braucht. Zudem werden wir sie, aus Effizienzgründen, möglichst vollständig nutzen. Die Folge daraus ist: wir werden den produzierten Strom speichern müssen, wenn er nicht sofort verbraucht werden kann.

Der elektrische Strom wird in der Zukunft immer mehr als Gleichstrom zuerst produziert – Photovoltaik – und auch infolge der Digitalisierung als solche verbraucht. Auch die Übertragung grosser Leistungen über grossen Distanzen erfolgt immer öfter als Gleichstrom, um Übertragungsverluste zu reduzieren. Dadurch könnten Gleichstrom-Netzlösungen oder -Netzeinseln in der Zukunft vermehrt Beachtung bekommen.

### **2.2.2 Der Wasserstoff**

Das Element Wasserstoff wird heute oft als der Retter oder als die Lösung aller unserer Probleme gesehen. Das ist vielleicht ein wenig übertrieben. Es wird allerdings eine wichtige Rolle spielen, denn es ist nicht nur für die Stromerzeugung zu verwenden, sondern auch für die Wärmeproduktion und, auch sehr wichtig, als Ausgangsstoff in der organischen Chemie. Dort findet es heute seine Hauptverwendung.

Wasserstoff in reiner Form kommt auf Erde nur in sehr kleinen Mengen vor. Das bedeutet, dieser Stoff muss zuerst gewonnen werden. Zwei Quellen stehen dafür zur Verfügung. Das Wasser und die Kohlenwasserstoffe. Letztere sind heute die Hauptlieferanten. In einer entkarbonisierten Welt verbleibt nur noch das Wasser als Quelle zur Verfügung. Die Gewinnung geht dann über die

Elektrolyse, welche viel Strom braucht. Vielleicht werden neue Verfahren entwickelt? Davon ist man allerdings noch ziemlich weit entfernt.

Demzufolge, wird man die ganz grossen Wasserstoff-Produktionsanlagen dort platzieren müssen, wo man genügend Wasser und Strom hat bzw. dort wo man das eine hat und das andere leicht gebracht werden kann. Beispiele für solche Orte wären dort wo der Strom von den Offshore-Windparks ans Land kommt oder Küstenstellen wo der Strom der Concentrated-Solar-Power (CSP) Anlagen einfach angezapft werden kann.

Von da aus, müsste der Wasserstoff weitertransportiert oder direkt verbraucht werden. Wie? Das schauen wir später in diesem Bericht an. Dabei werden wir die speziellen Eigenschaften vom Wasserstoff als das kleinste Element und seine hohe Zündfähigkeit mitberücksichtigen müssen.

### **2.2.3 Das Methan**

Methan, CH<sub>4</sub>, kommt in der Natur als Gas vor. Es ist der Hauptbestandteil vom Erdgas. Dieses Gas entsteht in erster Linie in Vergärungsprozessen von organischer Materie – Kompostierung, Verfaulung, Verdauung – und ist ein sehr potenter Treibhausagent.

Die industrielle Kompostierung von Biomasse ermöglicht die Produktion von Biogas. Dieses kann dann zur Stromproduktion in einem Gasmotor verbrannt werden. Tut man aber das Biogas von seinem CO<sub>2</sub>-Anteil (ca. 35 %) reinigen, so bekommt man Methan in ähnlicher Qualität wie das Erdgas.

Ein anderes Verfahren, das erst noch in Versuchs- und Demonstrationsanlagen abläuft, ist die sogenannte Methanisierung. Wasserstoff aus einer Elektrolyseanlage wird mit dem aus der Luft abgeschiedenen CO<sub>2</sub> kombiniert. Daraus entsteht Methan, das wie Erdgas behandelt werden kann.

Beide Verfahren – die Kompostierung und die Methanisierung – sind sogenannte CO<sub>2</sub>-neutrale Verfahren. Die Nutzung vom Methan trägt nur unwesentlich zum CO<sub>2</sub>-Anstieg bei, denn es wurde mit dem aus der Luft entzogenem CO<sub>2</sub> gewonnen; entweder mit dem in der Biomasse gespeicherten oder direkt.

### **2.2.4 Das Methanol**

Methanol oder Methylalkohol lässt sich auf ähnlicher Weise wie Methan aus Biomasse oder aus der Kombination von Wasserstoff aus Elektrolyseanlagen und CO<sub>2</sub> aus der Luft produzieren. Die Produktionsverfahren sind anders wie diejenigen vom Methan: Erprobt ist die Herstellung aus der Biomasse und experimentell die Produktion aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub>.

Methanol, im Gegensatz zu Methan, ist flüssig und kann in Tankwagen transportiert oder in grossen Tanks gelagert werden. Sein energetischer Gehalt ist tiefer als der vom Benzin. Auch das Brennverhalten ist anders. Aktuelle Verbrennungsmotore brauchen deshalb eine Anpassung, um mit diesem Brennstoff betrieben zu werden. Die Technologie dafür ist allerdings nicht nur bekannt, sondern auch erprobt.

## **2.3 Die Produktion der Energievektoren**

Mit den von der Natur zur Verfügung gestellten fossilen Energieformen, ist die Welt relativ einfach. Die Kohle, das Erdöl und das Erdgas sind zwar nicht überall zu finden, jedoch ausreichend in gewissen Stätten. Ihr Energiegehalt ist hoch, sie sind relativ einfach zu transportieren, entweder als

Schüttgut, als Flüssigkeit in Tanks und Leitungen oder als Gas, verflüssigt in Tanks oder als Gas in Leitungen.

Dazu, sie sind nahezu Alleskönner. Sie eignen sich für die Wärme- wie auch für die Stromproduktion. Sie kommen, vor allem in der flüssigen Form, reichlich in der Mobilität zur Anwendung. Sie spielen ebenfalls eine wesentliche Rolle in vielen Prozessen als Bestandteil oder als Ausgangsstoffe für neue Materialien und Produkte wie zum Beispiel in der Stahlindustrie, der organischen Chemie und der Kunststoffindustrie.

Ihre Nachteile sind:

- Ihre Endlichkeit. Es gibt zwar mengenmässig noch viel davon. Der Aufwand, um sie zu gewinnen, steigt jedoch stetig.
- Ihre Ausnützung im grossen Stil hat in wenigen Jahrzehnten so viel CO<sub>2</sub> in die Luft freigelassen, wie in Jahrmillionen gespeichert wurde. Das hat zu einem starken Ungleichgewicht geführt. Das merken wir beim Klima.

Geht man den Weg der erneuerbaren Energiequellen und der Nachhaltigkeit, wird man auf diese Kohlenstoffe verzichten müssen und dem Beispiel der Natur folgen. Die Produktion aller diese für uns heute unverzichtbaren Produkte müssen somit aus Wasser und Luft mit der Hilfe vom Strom erzeugt werden. Der Wasserstoff und der Sauerstoff werden aus dem Wasser gewonnen und die Luft wird als CO<sub>2</sub>-Lieferant genutzt. Dieser Weg ist, wie schon vorher erwähnt, nicht unbedingt eine Entkarbonisierung der Prozesse; er macht sie aber einigermassen neutral.

Die Entwicklung neuer Fabrikationsprozesse ist im Gange. Der Weg ist aber anspruchsvoll und lang. Die Umstellung wird noch viel Zeit und Anstrengungen brauchen.

Es ist somit klar, dass die Produktion vom elektrischen Strom eine zentrale Rolle spielen wird. Sie wird einerseits die Hauptenergievektor für Beleuchtung, für Antriebe und für Gebäudewärme sein. Andererseits, wird man Strom brauchen, für die Produktion von Wasserstoff als Ausgangsstoff für industriellen Prozesse wie zum Beispiel in der Stahlindustrie und in der Chemie. In der Mobilität und in der Energiespeicherung, vor allem in der Langzeitspeicherung, um zum Beispiel die saisonalen Unterschiede auszugleichen, ist Wasserstoff sehr wichtig.

Es dürfte somit auch klar sein, dass es da Grenzen geben wird, sowohl für den Energiekonsum wie auch für die industrielle Produktion. Beide müssten in einer nachhaltigen und auf erneuerbaren Energien basierenden Gesellschaft drastisch zurückgefahren werden. Denn, wie es sich bereits herausstellt, ist die Abdeckung des heutigen Stromkonsum durch erneuerbare Energiequellen eine grosse Herausforderung. Wenn aber, der Strom auch noch für die Produktion von Ausgangsstoffen für eine expandierende Wirtschaft sorgen muss, sind kritische Fragen und eine vorsichtige Haltung nur selbstverständlich. Zumindest bis man «echt nachhaltige» Quellen entdeckt.

## 2.4 Die Verteilung der Energievektoren

Wie wir gesehen haben, die Eigenschaften der fossilen Energieträger

- Hoher energetischer Wert
- Hohe Flexibilität in der Anwendung als Energieträger
- Vielfältigkeit als Ausgangsstoffträger für die Industrie
- (Noch) hohe Verfügbarkeit in gewissen Regionen der Welt

haben zu einer kaskadierenden Struktur und Verteilung geführt. Ähnlich der Baumstruktur wo die Nahrung dem Boden durch die Wurzeln entzogen wird und über den Baumstamm hoch zu den Ästen bis zu den feinsten Verästelungen geführt wird.

Nach diesem Prinzip funktioniert die Verteilung von Erdöl und Erdölprodukte wie Benzin, Dieselöl, Heizöl, etc. wobei die Transportmittel unterschiedlich sind. Beim Erdöl kommen Tankers bis zu einem Entlade-Hafen. Von dort geht über Rohrleitungen zu den Raffinerien. Von da aus werden die Einzelprodukte über Tankwagen auf der Strasse oder per Eisenbahn feinverteilt. Unterschiede zwischen Angebot und Nachfrage werden über den Füllungsgrad von Lagertanks abgefedert.

Erdgas auf seiner Seite wird über ein riesiges Leitungssystem verteilt. Dieses Netz ist in verschiedenen Druckstufen unterteilt. Die höchste Stufe ist mit den Produktionsstätten verbunden und verteilt das Erdgas an den verschiedenen angeschlossenen Ländern. An jedem Länderanschluss wird das nationale System gefüllt. Der Füllungsgrad ist erreicht, wenn der Druck dem entsprechenden Wert erreicht ist. Das entsprechende Füll-Regelventil regelt dann den Druck dem Verbrauch im Lande nach. Von da aus werden die nationalen Verbraucher versorgt. Von den grossen auf den höheren Druckstufe bis zu den kleinen auf der tiefsten Stufe. Ein solches Regelventil befindet sich vor jeder Druckstufe und regelt deren Füllung.

Das elektrische Netz ist sehr ähnlich wie das Gasnetz in Stufen aufgebaut. Das Füll- oder Belastungsgrad heisst aber nicht Druck, sondern in den oberen Stufen Frequenz und unten Spannung. Die Regelstationen heissen dann Transformatorenstationen.

Die Umstellung auf erneuerbaren Energiequellen wird diese Art der Versorgung stark verändern. Einerseits wird die Versorgung nicht mehr ausschliesslich zentral, sondern stark dezentral in der Feinverteilung und teilweise zentral für Grossverbraucher. Andererseits, wie wir bereits gesehen haben, wird die Kombination der verbrauchten Energieformen lokal sehr unterschiedlich sein. Dadurch wird das Mengengefüge durcheinandergebracht.

Die Energieversorgung wird somit folgende Grundmerkmale haben:

- Die Bedarfsmenge an flüssige Treib- und Brennstoffe wird drastisch abnehmen. Solche Energieträger werden in der Zukunft nur noch für Nische-Anwendungen und vor allem als saisonale Energiespeicher gebraucht und in grossen Tanks gelagert. Dazu wird ein nicht vernachlässigbarer Anteil lokal produziert. Wir können fast behaupten, dass die grosse Zufuhrleitungen, die riesigen Raffinerien und die entsprechende Infrastruktur in der Zukunft nicht mehr gebraucht werden, zumindest nicht für das, was der Mobilität betrifft. Eine andere Frage ist die Rohstoff-Versorgung der chemischen Industrie. Dort könnte es noch bei einem gewissen Bedarf bleiben. Die Umstellung auf eine CO<sub>2</sub>-freie oder neutrale Produktion wird noch Zeit brauchen, sofern sie für alle Produkte möglich ist.
- Mit dem Erdgasnetz wird es tendenziell ähnlich dem Erdölnetz gehen und zwar, aus den prinzipiell gleichen Gründen. Dieses Netz allerdings wird eine wichtige Rolle in der Übergangszeit spielen. Es könnte das Hochfahren der Produktion von Wasserstoff und Methan unterstützen und, vielleicht einen Teil der Verteilung von Methan übernehmen. Für den Transport von Wasserstoff allein ist es so, ohne Anpassungen, nicht zu gebrauchen.
- Das elektrische Netz wird ebenfalls starken Änderungen unterstellt. Das Verteilnetz, die untere Spannungsebene, wird dann hauptsächlich dezentral gespeist. Da die Richtung der Stromflüsse je nach Belastungssituation sich ändern kann, werden Steuerung und Schutz

dieses Teilsystem recht komplex. Diese Anpassung ist bereits eingeleitet. Die höheren Spannungsebenen werden somit von der Versorgung des Verteilnetzes entlastet. Gebraucht werden sie für die Versorgung grosser Verbraucher, für den Lastausgleich überregional und national, für den Transport über grosse Distanzen sowie für die Notfallversorgung.

### 3. Wie werden wir unsere Energiebedürfnisse decken?

Wir haben im JPR-Focus 01/21 gesehen, dass wir die Energie für folgende Grundzwecke brauchen:

- Gebäude-Heizung
- Beleuchtung
- Haushalt- und Büroapparate
- Steuerung und Antriebe von industriellen Anlagen
- Prozesswärme und Prozesskälte
- Mobilität

Nun wollen wir sehen, wie wir in der Zukunft diese Bedürfnisse abdecken könnten.

#### 3.1 Die Gebäude-Heizung

Bei der Gebäude-Heizung geht es darum, Luft auf lauwarme Temperaturen von 21 bis 23 °C und Brauchwasser auf etwas mehr als 50 °C zu bringen. Die Thermodynamik sagt uns, dass die besten Quellen dafür eine leicht höhere Temperatur aufweisen sollen, das heisst eine Temperatur bis zu 100 °C. So werden die thermodynamischen Verluste klein gehalten.

Solche Temperaturen findet man:

- Am Ende von Kraftprozessen, sozusagen als Abfallwärme.
- Am Ende von Wärmeaustauschprozessen in der Industrie, praktisch als Restwärme.
- In Kühlsystemen von Maschinen und industriellen Anlagen.
- In hybriden Solarpanelen.
- In Sonnenkollektoren.
- In Systemen, die die Umgebungs- oder Erdwärme besser ausnützen – zum Beispiel Wärmepumpenprozessen.
- In der mitteltiefen Geothermie.

Aus eigener Erfahrung ist auf diesem Temperaturniveau mehr als genug Energie für Gebäude-Heizung vorhanden. Die grundsätzlichen Lösungen sind ebenfalls relativ klar:

- Als erste sollte gedacht werden, Solarkollektoren auf dem Dach zu stellen und zusammen mit einem Warmwasser-Speicher den Brauchwasserbedarf und, zumindest teilweise, den Warmwasserbedarf zu decken, mit der Nutzung des vorgewärmten Wassers als Eintrittswasser für die Wärmepumpe. So kann die Leistung der Wärmepumpe reduziert werden. Diese Lösung wurde lange Zeit vernachlässigt, denn sie wurde staatlich nicht gefördert; somit uninteressant für Subventionsoptimierer.
- Solarpanels sind ergänzend vorzusehen, um die elektrische Energie für die Heizanlage – Wärmepumpe, Zirkulationspumpen, Ventile, Steuerungen, etc. – abzudecken. Hybride Solarpanels könnten diese Aufgabe auch wahrnehmen. Sie können Strom und Wärme liefern.

- Im urbanen Umfeld wird diese Lösung auf ihre Grenzen stossen. Die Gebäude sind grösser, höher und die verfügbare Fläche dafür kleiner. Dazu stehen die Gebäude näher zusammen und Probleme mit dem Schattenwurf sind üblich. Da kommt sehr wahrscheinlich eher eine Lösung mit einem kleinen lokalen oder quartiermässigen Fernheiznetz. Die Heizzentrale könnte mit Biomasse betrieben werden. Da sie dann eine gewisse Grösse hätte, könnte eine Wärme-/Kraftkopplung durchaus eine sinnvolle Option sein. Andere Kraftmaschinen könnten auch ihre Abwärme ins Netz einspeisen.

Das grosse Problem von der mit der Stromproduktion gekoppelte Wärmeproduktion auf diesem tiefen Temperaturniveau ist, dass sie das ganze Jahr geschieht, auch wenn man die Häuser nicht heizen muss. Da kommt unweigerlich die Frage der Speicherung auf. Da liegt wahrscheinlich die grösste Herausforderung bei dieser energetischen Anwendung.

Mit dem Klimawandel wird vermehrt die Kühlung der Räume im Sommer als kritische Problematik gesehen. Im Gegensatz zur Heizung, welche mit niederwertiger Energie (Abfallenergie) auskommt, braucht die Kühlung hochwertige Energie, in erster Linie Strom. Diese Problematik ergibt sich nicht nur wegen den steigenden Temperaturen. Sie kommt auch von der Bauweise, welche so angelegt ist, die Wärme möglichst effizient in den Räumen zu halten. Somit ist es im Sommer kaum möglich die tagsüber aufgestaute Wärme, nachts wieder loszuwerden.

Will man das energiearm erreichen, so sind zwingend architektonische Massnahmen notwendig, baulich wie auch in der Gestaltung der Umgebung.

### 3.2 Die Beleuchtung

Die Beleuchtung ist wahrscheinlich das kleinste Problem.

Die erzwungene Umstellung auf sogenannten Energiesparlampen, welche auch den Weg für die LED-Lampen frei machte, hat den Strombedarf für die Beleuchtung stark reduziert. Dieser Bedarf kann, in ländlichen Gebieten und bei Kleinbauten, relativ leicht mit Solarzellen gedeckt werden. Bei mittleren Mehrfamilienhäusern, wird eine Optimierung zwischen Produktion und Verbrauch notwendig sein. Selbstverständlich, alles mit adäquater Stromspeicherung.

Im urbanen Bereich werden sicher Lösungen mit Kraft-Wärme-Kopplung und kleinen Fernwärmenetzen für Siedlungen oder Quartiere zum Zuge kommen.

### 3.3 Die Haushalt- und Büroapparate

Wenn der Strom nicht mehr so einfach, billig und ausreichend vom Netz bezogen werden kann, wird man sich auf diesem Gebiet Gedanken machen und über seine Prioritäten nachdenken müssen.

Vielleicht ist es auch dann an die Zeit, die Propaganda der Apparate-Verkäufer zu hinterfragen:

- Ist wirklich den Motorenwirkungsgrad allein das Mass aller Dinge für die Energieeffizienz? Kommt die Leistung nicht auch zum Tragen?
- Ist der Fernseher in der Grösse der Stubenwand wirklich notwendig. Kann ich meine tägliche Horrorsendung ohne Altersbeschränkung, die Tageschau, auch auf einem kleineren Bildschirm mit weniger Leistung geniessen?
- Sind mir die 15 Sekunden Aufwärmzeit des angepriesenen leistungsstarken Bügeleisens so wichtig, dass ich mit den 30 Sekunden des halb so starken nicht auskommen kann?

- Muss ich wirklich einen Kühlschrank haben, der Platz für 10 Flaschen Bier bietet? Kann ich mit einem kleineren Gerät mit Platz für nur 4 Flaschen auskommen?
- Ist es notwendig, den Rechner auch nachts in Betrieb zu lassen? Sind die für das Hochfahren notwendigen paar Sekunden wirklich nicht zu verkraften?
- Und...und...und...

Die Erfahrung mit Nullenergie- oder sogar Plusenergie-Häusern zeigt, dass wenn man sich mit seinen echten Bedürfnissen auseinandersetzt, eine lokale Versorgung möglich wird.

Bei Firmen stellen sich ähnlichen Fragen in Bezug auf die Haushaltgeräte wie Kaffeemaschinen, Getränkeapparate, Kleinküchen und auch für die Bürogeräte. Je nach Grösse der Firma und deren Bedürfnisse sind Lösungen, lokal mit Fernnetz mit Wärme-Kraft-Kopplung oder regional in Betracht zu ziehen.

### 3.4 Die Steuerung und die Antriebe von industriellen Anlagen

Da kommen wir langsam zum Kern der Problematik der Umstellung auf erneuerbaren Energien. Vielleicht deswegen wird sie in der offiziellen Diskussion nicht so sehr angesprochen, wenn überhaupt. Verständlich! Es ist einfacher über das Machbare – die Punkte 4.1 bis 4.3 wie wir gesehen haben, das Heisst auch die ersten 30% unseres Energieverbrauchs – zu reden als brisante Themen anzugehen – wie man dem 30-prozentigen Verbrauchsanteil der Industrie angeht. Einsparungen und Effizienzsteigerungsmassnahmen können diese Anteile nicht so einfach zum Verschwinden bringen.

Ausser bei sehr kleinen industriellen Anlagen mit entsprechend kleinen Bedürfnisses, wird eine regionale, überregionale oder sogar eine nationale Versorgungslösung notwendig sein. Eine Kombination von verschiedenen Lösungen könnte die Versorgungssicherheit verbessern.

Universale Lösungen wird es kaum noch geben; allenfalls nur lokale. Voraussetzung dazu wird die Aufnahme der Bedürfnisse heute und ihrer Entwicklung über die Zeit. Die verfügbare Energiemenge und die gewählte Versorgungslösung werden dann die Grösse der Firma und ihrer künftigen Entwicklung beeinflussen, vielleicht sogar einschränken oder sogar bestimmen.

### 3.5 Die Prozesswärme und die Prozesskälte

Zunächst ist eine Klärung der Begriffe notwendig denn Kälte ist nicht einfach das Gegenteil von Wärme zumindest nicht, wenn es darum geht, sie zu produzieren. Wärme und Kälte in industriellen Prozessen werden bezogen auf die jeweilige Temperatur der Umgebungsluft definiert. Wärmeprozesse haben eine Zieltemperatur über diejenige der Umgebungsluft und Kälteprozesse eine darunter. Das bedeutet, dass in manchen Fällen, eine Anlage bei hohen Lufttemperaturen als Kälteanlage betrachtet wird und bei tieferen Lufttemperaturen als Wärmeanlage funktionieren kann.

Prozesswärme wird heute in erster Linie über Verbrennungsprozesse erzeugt, um die erforderlichen Temperaturen erreichen zu können. Die häufigsten Brennstoffe sind Kohle, Gas, Öl und zu einem kleineren Teil Biomasse; auch Abfälle kommen als Brennstoffe in Frage.

Die Prozesskälte braucht zu einem überwiegenden Teil den elektrischen Strom als Energieform.

Sollen nur noch erneuerbaren Energien für die Erzeugung von Prozesswärme in der Zukunft dienen, wird es eine grössere Umstellung geben. Der ganze Anteil der Kohle, des Gases und des Öls müsste durch andere Verfahren ersetzt werden. Heute steht in erster Linie die «Verbrennung» von Wasserstoff in Frage. Da sollte man eher von einer exothermen Oxidation reden. Dieser Wasserstoff müsste nach der heutigen verfügbaren Technologie durch Elektrolyse erzeugt werden, das heisst mit Hilfe vom elektrischen Strom.

Angesichts der vorhersehbaren enormen Mengen an erforderlichen Wasserstoff wird das Setzen von Prioritäten unerlässlich sein. Vielleicht muss dann sogar das Konzept der gigantischen industriellen Produktion hinterfragt werden?

Bei der Prozesskälte wird sich relativ wenig ändern. Der Hauptbedarf wird beim Strom bleiben. Zukünftig, Lösungen mit thermischen Kältemaschinen könnten möglicherweise vermehrt interessant werden. Eine Kombination mit Wärmespeicherung wäre denkbar.

### 3.6 Mobilität

Da wird ein ganz heisses Eisen angepackt. Einerseits, weil mit etwa 50% des gesamten Energieverbrauchs, ein riesiges Paket vor uns steht. Andererseits, weil aus den Bundesstatistiken fast 38% des gesamten Verbrauchs auf fossilen Energiequellen angewiesen sind. Zuletzt, weil dieser Sektor tief ins Leben von jedem Einzelnen hineingreift und somit jede, jeder von uns damit betroffen ist. Jede Diskussion über die Mobilität wird demnach sehr schnell emotional.

Geht man von den fossilen Energieträgern weg, so wird das gesamte Transportwesen betroffen: der Individualverkehr und der Berufsverkehr mit Individualfahrzeugen, der Transportverkehr sowie auch der Ferienverkehr auf Land, über die Meere und in der Luft.

Dass man elektrisch angetriebene Fahrzeuge – Flugzeuge, Schiffe, Last- oder Personenwagen - bauen kann und dass sie auch betrieben können, ist nicht die eigentliche Diskussion. Die wahren Fragen sind:

- Wie gross ist die Nutzlast; Personen oder Fracht?
- Wie weit kann die Reise gehen?
- Wie lange dauert dann die Reise?
- Wie schnell, am Ende der Reise oder nach einer Etappe, kann ich weiterfahren?

Bei jeder diesen Fragen gibt es, je nach spezifischen Anwendungen unterschiedlich starke Einschränkungen. Meistens wird auf den noch zu kommenden Fortschritt bei den jeweiligen Technologien hingewiesen.

Zwei Technologien stehen heute stark im Rennen:

- Die elektrischen Transportmittel mit mitgeladenen Stromspeichern.
- Die elektrischen Transportmittel mit mitgeladenen Stromgeneratoren, meistens Brennstoffzellen, die mit Wasserstoff (wieder Mal) betrieben werden.

Beide Lösungen haben ihre eigenen Einschränkungen und Vorteile. Aus diesem Grund wird keine allein das Rennen gewinnen. Beide werden ihre Schwerpunktanwendungen haben; dort wo sie ihre Stärken ausspielen können.

Allerdings, wenn alles auf elektrische Antriebe umgestellt wäre, hätte man eigentlich nur das Problem der Emissionen von kohlenstoffhaltigen Verbindungen gelöst; selbstverständlich vorausgesetzt, der Strom käme aus erneuerbaren Energiequellen.

Verschiedene aufkommende Fragestellungen werden damit nicht angegangen, obwohl sie sich als grosse Spielverderber entwickeln könnten, wie zum Beispiel:

- Elektrische Fahrzeuge emittieren keinen Feinstaub aus ihrem Auspuff-Rohr. Dafür haben sie, wie die mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Fahrzeugen Reifen und Bremsen. Damit erzeugen sie auch Feinstaub aus dem Abrieb. Dieser findet man nicht so stark in der Luft, sondern auf unserem Teller. Diese Problematik wird mehr und mehr erkannt. Die Energiewende bringt hier keine Abhilfe.
- Brennstoffzellen haben hohe Chancen die wichtigere Rolle bei der Flugfahrt spielen zu können. Deren «Abfallprodukt» ist Wasser, somit etwas nicht toxisch, das wahrscheinlich während dem Flug in die Atmosphäre abgelassen wird. Wenn man es nicht tun würde, wäre das Flugzeug beim Landen wesentlich schwerer sein als beim Abflug; Wasser ist nämlich viel schwerer als Wasserstoff. Somit scheint es keine Probleme damit zu geben. Was man aber dabei vergisst, ist die Tatsache, dass Wasser, in der Atmosphäre ein sehr potentes Treibhausgas ist. Man denkt an den Tropennächten, wenn der Himmel mit Wolken behangen ist und kaum Abkühlung während der Nacht stattfindet. Das Klima würde sich noch schneller ändern!

Wissenschaftler und Ingenieure werden noch etwas zu tun haben!

#### 4. Vision der künftigen Energieversorgung

Bis wir wirklich die «freie Energie» oder das «LENR» anzapfen können, werden wir eine Vision der Energieversorgung wie die nachfolgende in Betracht ziehen müssen.

Dort wo die Baudichte eher tief ist – kleine Gebäude, mittlere Entfernung der Gebäude – werden die Gebäude vorrangig mit Fotovoltaik, Wärmepumpen, Solarthermie sowie Wärme- und Stromspeicherung geheizt, das heisst lokal.

Dort wo die Gebäudedichte höher ist oder wo lokale Strom- oder Prozesswärmekonsumenten vorhanden sind, könnte ein Mini-Fernheiznetz sinnvoll sein. Je nach geographischer Lage und Konfiguration dieser Netze könnten aus Gründen der Versorgungssicherheit entweder verschiedene Netze querverbunden oder zusätzliche Wärmelieferanten im Netz vorgesehen werden. Der höhere lokale Stromkonsum bzw. die benötigte Prozesswärme, zum Beispiel für lokale Bäckereien oder Molkereien, wären dann durch eine Wärme-Kraft-Kopplungsanlage produziert.

Als Brennstoff kämen entweder lokale oder regionale Biomasse, Biogas oder aus grünem Wasserstoff hergestellten Methan und Methanol sowie auch der Wasserstoff in Frage. Da nur relativ wenige Anlagen Biogas oder Wasserstoff verwenden würden, werden sie wahrscheinlich mit einer lokalen Produktionsanlage direkt verbunden. Das heutige feine Gasverteilungsnetz wäre somit weitgehend obsolet.

Die Stromversorgung für die Beleuchtung sowie der Haushalt- und Büroapparate würde in ähnlicher Art über verschiedenen Mini-Stromnetze sichergestellt. Die einzelnen Gebäude hätten soweit möglich ihre eigene Stromproduktion aus der Photovoltaik und könnten zumindest einen Teil des eigenen Bedarfs abdecken. Eine eigene Stromspeicherung ermöglicht eine gewisse Autarkie. Der Überschuss würde in das Mini-Netz eingespeist und für andere Verbraucher zur Verfügung gestellt. Im Netz gäbe es auch eine Speichermöglichkeit, um die Schwankungen abzdämpfen. Die vielen Mini-Netze wären miteinander verbunden, um den Lastausgleich sicherzustellen.

Somit wäre das heutige Verteilnetz weitgehend noch zu gebrauchen. Seine Funktionen werden aber ganz andere. Hier eine kurze Übersicht:

- Er besteht aus vielen einzelnen, jedoch miteinander verbundenen Mini-Netze.
- Er dient nicht mehr primär der Versorgung, sondern des Lastausgleichs, für jedem Produzent/Verbraucher, zwischen den Produzenten/Verbrauchern des Netzes und zwischen anderen benachbarten Netzen.
- Der Strom kann zu jeder Zeit und in jeden Netzstrang in beiden Richtungen fließen.
- Wenn überschüssiger Strom produziert wird und nicht von benachbarten Netzen übernommen werden kann, fließt der Strom in die nächst höhere Spannungsebene und steht somit regional, überregional oder landesweit zur Verfügung.
- Dadurch werden die Überwachung und die Absicherung komplex und anspruchsvoll.

Nun kommen wir zu den grösseren Stromverbrauchern für die Steuerung und die Antriebe in industriellen Anlagen. Diese werden ihren Strombedarf überregional und national abdecken und ihren Strom von den Transportebenen bekommen. Das wird für die grosse Verbraucher von Prozesskälte auch der Fall sein. Diese Netzebenen sind an Kraftwerken angeschlossen.

Die grossen Abnehmer von Prozesswärme werden, wie bis anhin, ihre Bedürfnisse an Prozesswärme mit der eigenen Wärme-Kraft-Kopplungsanlage abdecken. Als Brennstoff dafür werden sie Biogas, Methanol oder direkt Wasserstoff verwenden. Für die Verwendung von Wasserstoff wird die Nähe einer Produktionsanlage massgebend sein. Ausnahmsweise könnte es Biomasse sein, wenn sie direkt verfügbar ist, wie zum Beispiel in einer Zuckerfabrik.

Es ist zu beachten, dass in der Schweiz keine riesige Solar- oder Windkraftwerke installiert werden können. So kann keine umfangreiche Wasserstoffproduktion stattfinden. Somit wird es nur relativ kleine Anlagen geben, welche lokalen oder regionalen Insellösungen versorgen können, industrieller oder mobilitätstechnischer Art. Auch der Wasserstoff-Transport wird jeweils eine spezifische Lösung sein.

Jetzt ist die Mobilität an der Reihe. Dieser Sektor wird die grössten Veränderungen erleben. Wie schon unter 3.6 angesprochen, ist die Ära der Alleskönner, die Derivate aus Erdöl, vorbei. Nun werden spezielle Lösungen je nach Transportmittel, Transportweg, Transportdistanz, Zweck und Ort zu suchen sein.

Dementsprechend werden wir auf viele unterschiedlichen Insellösungen stossen. Dabei bedeuten unterschiedliche Energieträger nicht unbedingt unterschiedliche Antriebstechnologien. Eine Erfindung wurde an der Genfer Erfindermesse vor über 10 Jahren vorgestellt, welche ermöglicht den Energieträger für eine Brennstoffzelle per Umschaltknopf zu wechseln.

Die Fliegerei wird sich auf die Gebiete konzentrieren müssen, wo sie stark ist und ohne Konkurrenz steht. Das sind:

- **Überseeverbindungen.**  
Da wird sich zu heute kaum was ändern bezüglich des Wettbewerbs. Allerdings, durch die Umstellung auf Motorenantriebe, sprich Propellerantriebe, dürften die Flüge länger dauern. Es sei denn, die Industrie findet einen Weg Kerosin ausgehend vom Wasserstoff in grossen Mengen zu produzieren. Biokerosin, auf der Basis von Biomasse dürfte wegen der beschränkten Menge kaum eine grosse Rolle spielen. Die neuen Verfahren werden wahrscheinlich ins Geld gehen und die Transportkosten erheblich erhöhen. Alle Gründe für ein gegenüber heute reduziertes Verkehrsvolumen.
- **Schnelligkeit**  
Dieser Vorteil wird für Elektro-Flugzeuge gegenüber Hochgeschwindigkeitszügen stark schwinden. Berücksichtigt man noch die Abfertigungszeiten und die Fahrt zwischen Flughafen und Stadt, wäre der Restvorteil schon weg. Somit fallen die Kurzstreckenflüge weg. Bei Mittelstreckenflügen käme es auf den Ausbau des Schienenverkehrs an. Falls die Belegung des Luftraumes es erlaubt und der Bodenverkehr sich nicht entwickelt, könnten Lufttaxis eine Nische sein.

Im Wasserverkehr werden sich die Technologien den Markt relativ klar aufteilen. Je nach Versorgungssituation sind Lokallösungen durchaus denkbar. Im Wesentlichen könnte es jedoch so aussehen:

- Freizeitverkehr: Elektrisch mit Batterien.
- Binnensee Personentransport und Fähren: Elektrisch mit Brennstoffzellen. Eventuell lokal, Methanol oder Ähnliches aus Wasserstoff produziert.
- Übersee: Elektrisch mit Brennstoffzellen.

Der Landverkehr wird sich künftig klar aufteilen:

- Der Fernverkehr – Personen und Güter – wird vorwiegend über die Schiene abgewickelt und zwar, international, überregional und regional. In der Schweiz werden wohl weiter elektrische Antriebe mit Kraftwerksstrom wie heute geben. Von Fall zu Fall wird man auch Elektro-Antriebe mit Brennstoffzellen finden.
- Die Güterfeinverteilung wird vorwiegend lokal, in manchen Fällen auch regional über die Strasse sichergestellt. Die Antriebe werden überwiegend elektrisch sein. Mit Brennstoffzellen für längere und wenig planbare Fahrten und mit Batterien für kurze und planbare Routen.
- Der motorisierte Individualverkehr, privat und beruflich, wird stark abnehmen. Hauptgründe dafür sind die Energiepreise und Einschränkungen bei der Wahl der Antriebslösung. Alleskönner ist keine der neuen Technologien. Somit wird es unumgänglich sein. Prioritäten zu setzen. Dazu kommt die Möglichkeit von lokalen Insellösungen. Zum Einsatz werden somit in erster Linie Kleinautos, meisten elektrisch mit Batterien in den Nahverkehr. Car-Sharing auf Anfrage oder vereinbart werden vermehrt zum Einsatz kommen. Ebenso werden für Transportaufgaben vermehrt entsprechende Fahrzeuge auf Anfrage gemietet. Mit der Weiterentwicklung von autonom fahrenden Fahrzeugen, werden solche Angebote zunehmen.
- Für die Kurzstrecken wird das Interesse für Fahrräder wie auch für Last-Fahrräder, ob nur mit Muskelkraft angetrieben oder mit motorischer Unterstützung weiter zunehmen.

Unter diesen Umständen und Verschiedenheiten der lokalen und regionalen Bedingungen macht den Ausbau von ausgedehnten Ladenetze für Strom oder Wasserstoff wenig Sinn.

## 5. Wie kommen wir dorthin?

Aus den vorherigen Überlegungen sind folgende Trends auszumachen:

- Die Grundbedürfnisse der Leute – angenehme Raumtemperaturen, Beleuchtung und Haushalt- bzw. Büroapparate – können lokal mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.
- Da das lokale Angebot sehr unterschiedlich ist, werden die optimalen Lösungen auch lokal unterschiedlich sein. Damit werden auch lokale Mini-Netze als Insellösungen entstehen. Diese werden dann nach Möglichkeit verbunden.
- Somit ist auch keine einzige Energieform allein die Lösung. Das Optimale wird meistens eine Kombination sein. Daher geht es nicht um Konkurrenz, sondern um Kooperation, um Ergänzung.
- Die nachhaltigere Lösung läuft in Richtung einer Nutzung aller lokal vorhandenen Energieformen. So können auch das lokale Kleingewerbe und die lokalen Dienstleistungsbetriebe versorgt werden.

Um das erreichen zu können, sollte die bereits in 2005 von JPR Concepts & Innovation lancierte Idee eines Energie-Katasters wieder aufgegriffen werden. Dabei sollten nicht nur wie bei manch heute verfügbaren Apps die vorhandene Dachfläche ermittelt, sondern das gesamte Energiepotential der Parzelle erfasst werden.

Die reellen verfügbaren Energiewerte sollten dokumentiert werden. Die einfallende Sonneneinstrahlung unter Berücksichtigung der Parzellenlage, des Schattenwurfes von benachbarten Hochgebäuden, Hügeln oder Bäume; im Tagesablauf und saisonal wäre zu bestimmen. Dazu auch die Windverhältnisse auf der Parzelle (Kleinst-Windanlagen) oder im weiteren Umfeld (grosse Windanlagen), geothermische Möglichkeiten, lokale Wärme- oder/und Stromanbieter, lokale Wasserstoff-Anbieter, etc. sollten auch erfasst werden.

Dadurch könnten vorhandene Installationen verbessert und neue Projekte besser eingebunden werden. Auch die Planung der lokalen und regionalen Versorgung wäre verbessert. Mögliche durch den Beizug von überregionalen oder nationalen Energieträgern zu deckenden Versorgungslücken könnten gezielter angegangen werden.

Das Potential und die Art des lokalen Mobilitätskonzepts wären dann erfasst und deren regionalen bzw. überregionalen Bedürfnisse geklärt.

Nun können wir uns den grösseren Strom- und Wärmeverbrauchern widmen. Dabei sollten wir im Kopf behalten, dass die nachhaltigere Lösung immer ist, die am weniger weit liegt. Der Transport ist immer mit Verlusten gebunden und senkt somit die Nachhaltigkeit. Die ersten Fragen sind somit: gibt es ein grösserer Stromproduzent oder ein Wasserkraftwerk oder ein Windpark? Ist Biomasse für Energiezwecke verfügbar? Lokal oder regional oder allenfalls überregional? Gibt es lokal oder regional ein Wasserstoff- oder ein Methanol Produzent? Gibt es überhaupt ein lokales Potential dafür?

Bemerkung:

Biomasse sollte wegen der hohen Flammentemperatur für Anwendungen für Wärme-Kraft-Kopplung und für Prozesswärme-Erzeugung vorenthalten sein. Die heutigen technischen Konzepte basieren heute, allerdings, auf relativ grossen Anlagen. JPR Concepts & Innovation hat zusammen mit der EPFL ein Konzept für kleine Dampfturbinen entwickelt, welche in Mailand in 2007 vorgestellt wurde. Solche Anlagen könnten die Leistungsgrenzen von sinnvollen Anwendungen für Wärme-Kraft-Kopplung und Prozesswärme-Lieferung erheblich nach unten bringen.

Die Beantwortung der obigen Fragen wird auch für die Bestimmung des regionalen und überregionalen Mobilitätskonzepts massgebend sein.

Die Suche nach der nachhaltigeren Lösung wird somit auch die Grösse der jeweiligen Industrieanlagen wesentlich bestimmen. Mega- oder Giga-Factories werden in diesem Zusammenhang zur Vergangenheit gehören. Die Ausnahme wird es sein, dort wo der Strom und der Ausgangsstoff (Wasserstoff) produziert werden. Dort werden die grossen industriellen Standorte der Zukunft sein.

Wie wir in diesem Bericht festgestellt haben, kommt der Speicherung der Energie eine entscheidende Rolle zu.

Wärme aus der Sonneneinstrahlung und die Abfallwärme aus den Prozessen müssen gespeichert werden, damit sie zur gegebenen Zeit für die Gebäudeheizung zur Verfügung steht. Warmes Wasser wird heute in den meisten Fällen dafür verwendet. Diese Lösung ist sehr effizient. Sie braucht aber relativ viel Platz, der oft bei älteren Gebäuden nicht unbedingt zur Verfügung steht.

Die Speicherung mit Wasser hat auch den folgenden Nachteil: der Siedepunkt vom Wasser ist bei 100 °C unter dem normalen atmosphärischen Druck. Höhere Temperaturen in drucklosen Behälter sind möglich, allerdings nur unter Verwendung von anderen Medien, welche nicht unbedingt nachhaltig sind. Nachhaltigere Lösungen sind noch zu entdecken. So könnten gewisse industriellen Prozesse auch mit Sonnenwärme betrieben werden. Beim Strom ist die Lage viel komplizierter. Er muss für verschiedene Zwecke gespeichert werden. Somit gibt es auch unterschiedliche Lösungen.

- Ähnlich wie bei Wärme für die Gebäude-Heizung muss der während des Tages gewonnene Strom, sofern nicht direkt verbraucht, für die abendlichen und nächtlichen Aktivitäten gespeichert werden. So können Beleuchtung, Unterhaltungs- und andere Haushaltsapparate sowie betriebstechnische Einrichtungen in Betrieb bleiben. Auf Grund der erforderlichen Speicherkapazität sind Batterien tendenziell die Lösung.
- Speicherkapazitäten sind ebenfalls in den Mini-Stromnetze vorzusehen. Da geht es nicht primär darum die Schwankungen zwischen Tag und Nacht auszugleichen, sondern die Unterschiede zwischen den verschiedenen Produzenten/Verbrauchern. Solche Speicherkapazitäten sind wesentlich grösser als die einzelnen der Produzenten/Verbrauchern können jedoch für relativ kurzzeitigen Schwankungen ebenfalls durch Batterien sichergestellt werden. Nachhaltige Lösungen werden noch gesucht.
- Bei längerfristigen Schwankungen wie zum Beispiel die saisonale Unterschiede Winter zu Sommer, geht es um grosse Energiemengen, welche auch flexibel eingesetzt werden sollen. Da empfiehlt sich die Umwandlung auf stofflichen Energievektoren wie der Wasserstoff, das Methan, das Methanol, die Biomasse oder auch Produkte aus der Teil- oder der Vollpyrolyse. Da gibt es noch ein enormes Potenzial an möglichen Entwicklungen für die

Produktion, die Lagerung, den Transport und an der Rücktransformation zu Strom und Wärme solcher Produkte.

- Der kurzfristige Ausgleich grosser Energiemengen im Transportnetz wird heute sehr gut durch Pump-Speicher-Kraftwerke erfüllt. Darum sind solche Einheiten weiterhin sehr wichtig.
- Nicht zuletzt bleiben noch die mobilen Anwendungen. Der Speicherbedarf für diese Anwendungen wird durch Batterien erfüllt. Dieser Sektor wird mit der Mobilität noch enorm an Bedeutung gewinnen. Nachhaltigere Lösungen als die heutigen müssen noch entwickelt werden.

Wie wir sehen, muss noch sehr viel entwickelt werden. Manche Lösungen sind bereits als Prototyp in Betrieb. Der Weg bis zur industriellen Reife ist aber noch sehr lang. Der Entwicklungsstand der verschiedenen Technologie ist auch sehr unterschiedlich. Daher sollen wir mit der Transformation nicht warten, bis die letzte Technologie auch grün geworden ist.

Die Umstellung des Hochofenbetriebs von der Kohle zum Wasserstoff ist sicher nicht von heute auf morgen zu erreichen. Dazu sollen riesige Mengen an Wasserstoff notwendig sein. So ist es sinnvoll, diese Umstellung zunächst mit nicht ganz grünem Wasserstoff voranzutreiben. Der Aufbau von kleineren dezentralen «grünen» Elektrolyseanlagen zur Deckung des anderweitigen Bedarfs würde dann die Gewinnung von Erfahrungen mit dem Betrieb und mit der Konstruktion solcher Anlagen ermöglichen. So könnten auch Speicherungsmodelle auf kleinem Massstab erprobt werden.

Ähnliches ist zu erwarten mit der Methanisierung zu Methan oder zu Methanol mit den Anlagen zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Luft und auch für die Prozessführung.

## 6. Zusammenfassung

Aus den obigen Ausführungen können folgende Hauptaussagen zusammengefasst werden:

- Das heutige Strom-Verteilungs-netz wird zukünftig ein Ausgleichs- und Umverteilungsnetz zwischen den verschiedenen lokalen und regionalen Produzenten / Verbrauchern sein. Es wird aus vielen Mini-Netzen bestehen. Eine allfällige überschüssige Produktion wird in das Transportnetz eingespeist.
- Das Strom-Transportnetz wird an den Kraftwerken angehängt. Es sorgt für den Ausgleich zwischen den Regionen, für die Versorgung in Notfällen und für die Belieferung der grossen Verbraucher, sofern diese ihre Bedürfnisse nicht lokal oder regional abdecken können.
- Der Bedarf an Gebäudewärme wird ausschliesslich lokal/regional sichergestellt. Individuelle Lösungen sowohl kleine Fernheiznetze, möglicherweise querverbunden aus Gründen der Versorgungssicherheit übernehmen diese Aufgabe. Externe Energiequellen werden unter Umständen für den Notfall einspringen.
- Die Verbraucher von Prozesswärme werden ihren Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen mit lokalen/regionalen oder gegebenenfalls überregionalen Energiequellen betreiben. Dieses Angebot wird zukünftig die Grösse der industriellen Anlage bestimmen.
- Die Charakteristiken der verschiedenen neuen Energieträger werden für eine starke Spezialisierung der Transportmittel und für weniger Konkurrenz unter ihnen sorgen. Der Flugverkehr wird sich auf die Überseerouten und die Langstrecken konzentrieren. Er wird langsamer und somit weniger attraktiv. Für den überregionalen, nationalen und

internationalen Bodentransport von Personen und Güter wird der Schienenverkehr massgebend sein. Lokal und regional wird der Strassenverkehr den Part übernehmen.

- Da riesige Mengen an Wasserstoff von verschiedenen Industrien als Grundstoff gebraucht werden, werden die grossen industriellen Verbraucher sich in der Nähe der grossen Wasserstoffproduktion ansiedeln. Anwendungen im Energiesektor werden somit tendenziell als Nische Lösungen betrachtet. Eine Umstellung des heutigen Gasnetzes in einem Wasserstoff-Netz ist daher sehr unwahrscheinlich.
- Es besteht weiterhin ein sehr grosser Entwicklungsbedarf für Strom-Speichermöglichkeiten. Diese sind sehr vielfältig wie auch das Anwendungsfeld vom Strom.
- Rein formell wäre die Verwendung, ab sofort von «grünem» Wasserstoff sicher die bessere Lösung, zumindest für Puristen. Die Bedingung dazu wäre: die Technologien dazu sind vorhanden, erprobt und auch auf dem erwarteten Produktionsniveau bereits im Einsatz. Da es bei weitem nicht der Fall ist, sollte die Entwicklung heute schon mit dem jetzt üblicherweise produzierten Wasserstoff bzw. mit dem nicht ganz grünen Strom vorangetrieben werden. Somit könnten wertvolle Erfahrungen gesammelt werden und die

Technologien weiter zur Reife gebracht werden. Das kann zu einem schnellen und vor allem effizienteren Übergang helfen.

Wie wir sehen, wir haben noch einen langen und hürdenreichen Weg vor uns. Er ist eine Herausforderung für uns alle. Wir müssen wieder mit der Natur leben und nicht nur von ihr. Auch die Gesetze der Natur müssen wieder in den Vordergrund stehen, denn wir sind ein Teil davon und nicht getrennt von ihr.

So schaffen wir die Voraussetzungen für eine nachhaltige Zukunft, das Heisst eine Zukunft wo Veränderungen von der Natur und in ihrem Tempo ausgeglichen werden können.

Ihr Jean-Pierre Rickli

---

*Lassen Sie Ihre Freunde und Bekannten an diesem Newsletter teilnehmen. Einfach weiterleiten oder besser anmelden lassen!*

*Frühere Ausgaben des JPR-Focus finden Sie im News/Archiv unserer Webseite oder direkt mit <http://www.jpr.ch/newsarchiv.cfm>*

---

*JPR Concepts & Innovation*

*J.-P. Rickli*

*Coaching - Wissensmanagement - Innovation - Energie*

*Höchstrasse 47*

*8610 Uster*

*Tel.: +41 (0) 44 9404642*

*Fax: +41 (0) 44 9404643*

*E-Mail: [jprickli@JPR.ch](mailto:jprickli@JPR.ch)*

*Ab- oder Anmeldung: einfach über die Webseite [www.jpr.ch](http://www.jpr.ch) oder per E-Mail an [jprickli@JPR.ch](mailto:jprickli@JPR.ch)*