

Kann die Ukraine Deutschland retten?

geschrieben von Admin | 7. Juli 2022

von Dr. Ing. Klaus- Dieter Humpich

Deutschland rast immer schneller dem Abgrund entgegen. So geht das halt mit dem Interventionismus. Am Anfang stand die – wie immer gut gemeinte – Idee, „Alternative Energien“ nutzbar zu machen. Da diese aber keiner so richtig haben wollte, hat man sie mit Milliarden subventioniert. Das ganze wurde als Anschubfinanzierung verbrämt, so wie das gute Drogenhändler halt machen. Heute gibt es ein gigantisches Netzwerk von Schlangenölverkäufern und mitverdienenden Politschranzen. Um dem Ganzen noch die Krone aufzusetzen, verunglimpfen sie das auch noch als Marktwirtschaft. Hätten sie sich doch besser mal mit dem Fluch der Planwirtschaft nach dem Zusammenbruch der „DDR“ beschäftigt. Versuchen Laiendarsteller den Markt mit Dumpingpreisen und Zwangseinspeisungen auszuhebeln, werden sie zu Zauberlehrlingen. Damit die Illusion aufrecht erhalten werden kann, beginnt die Phase der Feinsteuerung: Heizungen sollen (im Sommer) „richtig eingestellt“ werden, das Duschen eingeschränkt usw. Gleichzeitig plant man Kernkraftwerke abzuschalten und damit noch mehr Strom aus Erdgas zu erzeugen. Schöne neue Welt der Deindustrialisierung. Welches Schraubchen sie auch immer drehen mögen, am Ende wird die Industrie ins Ausland abwandern müssen und breite Schichten der Bevölkerung verarmen.

Was kann und soll mit der Ukraine nach diesem Vernichtungskrieg geschehen? Bereits heute sehen große Gebiete wie viele deutsche Großstädte 1945 aus. Um dieses geschundene Land wieder aufzubauen, sind hunderte Milliarden nötig. Wird die „westliche“ Welt den Willen und die Kraft haben, Russland in die Verantwortung für seine Verbrechen zu nehmen und Reparationen verlangen? Eher wohl nicht – eher nur symbolisch. Dafür gibt es viel zu viele „Putinverstehler“, wenn nicht gar Sympathisanten. Andererseits kann man ein so großes Land in unmittelbarer Nachbarschaft nicht einfach zur Wüste erklären. Wohl gemerkt, durchaus im Eigeninteresse. Allein die Ströme der Auswanderer würden Europa an seine wirtschaftlichen Grenzen bringen. Ein Nichtstaat mit all seinen Konsequenzen, würde Europa dauerhaft destabilisieren. Es bleibt gar keine Alternative, die Ukraine muß zum Erblühen gebracht werden. Die meiste Last wird dabei die Bevölkerung selbst tragen müssen, so wie in Deutschland, Japan und Korea einst auch. Der Weg wird auch der Gleiche sein. Nur über Exporte kann das benötigte Kapital ins Land kommen. Nur was sind in der Welt von heute noch die Marktlücken? Die reichhaltige Landwirtschaft sicher nicht, da sie schon vorher nicht für breiten Wohlstand reichte. Es kann nur eine – wie auch immer geartete – Industrie sein. Die Orks aus der Steppe können zwar das Land verwüsten, aber nicht die Gehirne der Menschen leeren. Die Basis für eine rasche (Re)Industrialisierung ist mehr als vorhanden. So verfügte die Ukraine z. B. schon vor dem Krieg über eine kerntechnische Industrie.

Deutschland als Kunde

Wenn Deutschland weiterhin seinem religiösen Wahn folgen will, ein Industrieland nur mit Wind und Sonne betreiben zu wollen, wird es auf seine Nachbarn zur Bereitstellung eines elektrischen Netzes angewiesen sein. Wohl gemerkt, nur um weiter zu existieren – von Wohlstand wird dann keine Rede mehr sein. Wer von unseren (westlichen) Nachbarn kann aber dafür in Frage kommen? Sie alle brauchen Neubauten als Ersatz für ihre alternde Kraftwerksflotte. Zusätzliche Kraftwerke ausgerechnet für die moralinsauren Deutschen, die doch vorangehen wollten? Die ihren Nachbarn (Belgien, Frankreich) immer Verantwortungslosigkeit vorgeworfen haben wegen ihrer „Schrottmeiler“ und „Atomruinen“. Hilfe und Wohlwollen ist nur aus dem Osten zu erwarten. Diese Länder waren immer positiv gegenüber der Kernenergie eingestellt und haben ihr Recht auf Kernenergie immer nachhaltig gegenüber den Bürokraten aus Brüssel verteidigt.

Polen

Polen ist ein sich weiter entwickelndes Land mit knapp 40 Millionen Einwohnern. Der Stromverbrauch betrug 2013 150 TWh. Er wurde zu rund 48% aus Steinkohle und rund 24% aus Braunkohle gewonnen. Polen ist Kohleland. Es verfügt über keine wesentlichen anderen Quellen. Wind- und Sonne ist aus geographischen Gründen nur eingeschränkt möglich. Die Förderung von Kohle ist durch immer ungünstigere Bedingungen und Umweltbelastungen nicht länger zu halten. Die staatlichen Subventionen belasten den Haushalt.

Polen hat sich folgerichtig für Kernenergie entschieden. Es wurde beschlossen sechs Reaktoren, an drei Standorten, mit einer Leistung zwischen 6 und 9 GW zu bauen. Darüberhinaus gibt es mehrere private Initiativen zum Bau von SMR zur Versorgung von Industrieanlagen. Westinghouse Electric Company führt bereits eine Grobplanung (Front-End Engineering and Design; FEED) auf der Basis ihres AP1000 durch, die von der United States Trade and Development Agency (USTDA) gefördert wird. Darüberhinaus sind auch die Franzosen und Koreaner zur Abgabe eines Angebots aufgefordert. Bechtel hat sich mit zwölf polnischen Unternehmen und Toshiba (für Turbosatz und Dampferzeuger) über die Bildung eines Konsortiums für den Bau verständigt. Parallel werden aktuell noch enge Beziehungen zwischen Westinghouse, Hyundai und Korea Electric Power Corp (KEPCO) bezüglich des AP1000 geknüpft. Ein Schelm, wer Zusammenhänge mit der aktuellen politischen Lage sieht.

Tschechien

In Tschechien werden bereits 34% der elektrischen Energie aus Kernenergie erzeugt. Die Kohleförderung soll aufgegeben werden. Als nördliches Binnenland scheidet Wind und Sonne praktisch aus. Deshalb wurde ein Ausbau der KKW Dukovany und Temelin beschlossen. Auch hier ist

Westinghouse mit einer Absichtserklärung vertreten. Man hat sie mit zehn tschechischen Unternehmen zum Bau eines Blocks in Dukovani abgeschlossen.

Ukraine

Die Ukraine verfügt über 15 Reaktoren an vier Standorten. Im Jahre 2016 erzeugten sie 153,6 Mrd. kWh. Sie verfügt damit über Betriebserfahrungen seit den 1970er Jahren. Alle Reaktoren sind Druckwasserreaktoren russischer Bauart. Seit einigen Jahren laufen sie mit Brennstäben aus schwedischer Fertigung. Die Bevölkerung ist der Kernenergie gegenüber positiv eingestellt. Das ist um so bemerkenswerter, da sie die schrecklichen Erfahrungen mit Tschernobyl machen mußte. Seit einem Monat ist das Netz von Rußland abgekoppelt und mit dem europäischen Netz synchronisiert.

Schon vor dem Krieg wollte man die Blöcke Khmelnytsky 3 und 4 mit der Hilfe von Westinghouse fertigstellen. Man wollte dabei auf eingelagerte Komponenten des gescheiterten Projekts V. C. Summer zurückgreifen. Im Juni 2022 führte man mit Westinghouse Gespräche über den Bau von 5 bis 9 Reaktoren des Typs AP-1000. Ferner soll ein nukleares Zentrum errichtet werden, mit einer Brennelementefabrik zur Versorgung aller ukrainischen Reaktoren. Durch den Zubau von 11 GW_{el} könnte der Anteil der Kernenergie von derzeit 53% auf über 70% gesteigert werden.

Der gedachte Verbund

Fast man nun die Pläne von Polen, Tschechien und der Ukraine zusammen, kommt man auf rund 20 Reaktoren. Bezieht man den Bedarf von Deutschland an zuverlässiger und preiswerter elektrischer Energie ein, ergibt sich ein Ausbauprogramm wie weiland in Frankreich. Man könnte gestaffelt produzieren: Strom von der Ukraine nach Polen, Tschechien etc. und von dort Lieferungen an Deutschland. So käme man ohne neue Fernleitungen und große Transportverluste aus. Zusätzlich kann man noch die Zeitverschiebung nutzen.

Der volkswirtschaftliche Sinn für die Ukraine läge in der kurzfristigen Schaffung eines immer mehr gefragten Exportprodukts: Elektrische Leistung und Energie. Man könnte kurzfristig mit der Lieferung aus dem bestehenden Kraftwerkspark beginnen und alte Kraftwerke schrittweise durch den Zubau ersetzen. Wichtig dabei ist, daß möglichst schnell selbst verdiente Devisen ins Land fließen. Devisen, die dringend für den Wiederaufbau von Industrie und Infrastruktur (nach dem Ende des Krieges) gebraucht werden. Gleichzeitig schaffen die Arbeitsplätze der Exporte weitere Nachfrage im Inland. Man entsinne sich mal der Situation in Deutschland nach 1945: Zehntausende bauten den „Käfer“, einen Exportschlager, der ganze Regionen zum Wiedererleben erweckte. Jeder Reaktor erfordert schon während der Bauzeit mehrere Tausend Arbeitskräfte vor Ort, die irgendwo schlafen und essen und mit den

Dingen des täglichen Bedarfs versorgt werden müssen. Solche Großbaustellen sind überall auf der Welt Oasen der Prosperität, die weit in ihr Umland ausstrahlen. Hinzu kommt, daß die Arbeitsplätze in der Kernenergie „gut bezahlt“ sind – bezogen auf das landesübliche Niveau. Die Frage ist nur, wieviel Kapital ist erforderlich und wie kann es beschafft und finanziert werden.

Overnight Capital Cost

Dies ist ein Begriff aus der Anlagentechnik, auch EPC-Kosten (Engineering, Procurement and Construction) genannt. Das ist der Preis für eine „Errichtung über Nacht“, also ohne Finanzierungskosten über die Bauzeit. Für den AP1000 gibt es Daten aus den Projekten Sanmen 1 und 2 FOAK (First Of A Kind) und Haiyang 1 und 2 in China und Vogtle 3 und 4 in USA. Die „Kosten über Nacht“ betragen 2000 USD/kW in China und 4300 USD /kW in USA (Basis 2018). Auf den ersten Blick erkennt man die Unterschiede im Lohn- und Materialpreinsniveau zwischen China und USA. Vereinfachend wird hier einfach der Mittelwert und eine Netto-Inflation (Differenz zwischen Inflation und Einsparung durch Serienfertigung) von 20% angesetzt. Man kann so von 3800 USD/kW ausgehen.

Owner's Cost

Irgendjemand muß für die Projektentwicklung, das Management der Baustelle mit all ihren Einrichtungen, der Organisation der Finanzierung, den Gebühren, den gegenseitigen Verbindungen usw. aufkommen. Letztendlich bezahlt das alles der Kunde. Diese Kosten können je nach Projekt und Land sehr unterschiedlich ausfallen. Aus Erfahrung im Kraftwerksbau wird hier ein Prozentsatz von 40% der EPC-Kosten angesetzt. Das ergibt rund 1500 USD/kW. Sodaß man von Errichtungskosten von rund 5300 USD/kW (ohne Finanzierung) ausgehen kann.

Die Finanzierung

Rechnungen werden über das gesamte Projekt ständig geschrieben. Sie müssen fristgerecht bezahlt werden. Es muß deshalb eine Kreditlinie für die gesamte Bauzeit aufrecht gehalten werden. Jeder ausgezahlte Betrag muß mit Zins und Zinseszins bis zur Fertigstellung und Übergabe an den Kunden aufsummiert werden. Hier spielt die Bauzeit eine entscheidende Rolle: Laufen Projekte wie Vogtle völlig aus dem Ruder, kommt es zu sehr viel höheren Kosten. Bauzeiten zwischen 60 und 100 Monaten erscheinen realistisch. Es liegen bisher schon die Erfahrungen von vier Reaktoren vor und weitere 2 in USA und vier (CAP1000) in China befinden sich noch im Bau. Baut man zeitlich versetzt (immer eine Doppelanlage) und hat erst mal qualifizierte Teams für alle Gewerke zusammen, sind Bauzeiten unter 5 Jahre leicht erzielbar. Wie gesagt, wirkt sich das ganz entscheidend auf die nötigen Investitionen aus.

Die teuerste Finanzierung ist eine, ausschließlich über Fremdkapital.

Dies ist der (gescheiterte) Weg von Hinkley Point C. Die Banken verlangen hohe Risikoaufschläge. Bei der Übergabe an den Auftraggeber hat sich ein riesiger Schuldenberg (Zinseszinsen) angesammelt. Dieser Schuldenberg belastet bis dahin den Generalübernehmer (GÜ), der infolgedessen nur wenige Projekte gleichzeitig durchstehen kann. Am Ende ergibt sich für den Stromkunden ein unnötig hoher Preis. Er zahlt mit seiner Stromrechnung hauptsächlich für den Schuldendienst.

Aus diesem Grund kehrt man in GB bei dem Projekt Sizewell C wieder zu einem Bauherrenmodell zurück. Die angefallenen Baukosten werden zu vereinbarten Fertigstellungsterminen von dem Energieversorger bezahlt. Dem GÜ wird ein gewisser Prozentsatz für seine Leistungen eingerechnet. Dies entspricht einer Investition in Eigenkapital durch alle Stromkunden in ein Kernkraftwerk. Vorteil für die Stromkunden ist der Wegfall der enormen Finanzierungskosten. Nachteil ist die „Vorkasse“.

Im Zusammenhang mit der Situation in Deutschland könnte das Mankala-Modell, wie beim finnischen Kernkraftwerk Hanhikivi, besonders lukrativ sein. Dabei bilden mehrere Unternehmen eine Zweckgesellschaft zum Bau eines Kernkraftwerks. Sie übernehmen die Baukosten anteilig. Geht das Kraftwerk ans Netz, bekommt jeder Anteilseigner einen seiner Beteiligung entsprechenden Anteil elektrischer Energie zu einem Preis, der nur die angefallenen Kosten deckt. Er kann diese (kostengünstige) Energie selbst nutzen oder aber weiter verkaufen. Solche Anteile können auch sehr verlockend für z. B. Pensionskassen sein. Man erhält für seine Anlage einen stetigen, gut kalkulierbaren Zahlungsstrom über den Verkauf der Strommenge, an den Strombörsen oder an Stadtwerke etc.

Zusammenfassung

Es geht hier nur um einen Weg aus der verbockten Energiewende. Die Betonung liegt dabei auf „einen Weg“. Es gibt sicher noch viele andere, wenn man sich nur von der religiösen Fixierung auf Wind- und Sonne freimacht. Würde man 20 AP1000 Reaktoren bauen, käme man gerade auf den Betrag, den allein Deutschland als „Sondervermögen“ in die Bundeswehr steckt. Auf europäischer Ebene eher ein Trinkgeld. Bezüglich der Ukraine könnte „Der Westen“, vertreten durch USA, Korea, Japan und wer sonst noch will, seine Verbundenheit deutlich machen. Die Ukraine könnte – wie einst West-Berlin – zum Schaufenster der freien Welt gemacht werden – langfristig mit dem gleichen Effekt.

Man sollte auch die Binsenweisheit, daß die Ausgaben des einen, die Einnahmen der anderen sind, dabei nicht aus den Augen verlieren. Es wäre ein gigantisches Konjunkturprogramm für Osteuropa mit der Ukraine. Es liefert nicht nur preiswerte elektrische Energie, sondern schafft auch gut bezahlte Arbeitsplätze mit Zukunftsgarantie in einer Hochtechnologie-Branche.

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog des Autors hier

Wie funktionieren Reaktoren mit Salzschnmelzen?

geschrieben von Admin | 7. Juli 2022

Von Klaus-Dieter Humpich

Wenn man Salze hoch genug erhitzt, schmelzen sie und werden dünnfüssig wie Wasser. Es besteht also die Möglichkeit auf dieser Basis Reaktoren mit flüssigem Brennstoff zu bauen. Die Handhabung und Messtechnik für Salzschnmelzen wurde erst Anfang des 20. Jahrhunderts für die Aluminiumindustrie entwickelt. Bis heute handelt es sich um ein recht exotisches Teilgebiet der Technik. Bereits 1944 schlug L.W. Nordheim einen Brutzyklus zur Nutzung von Thorium ($\text{Th}^{232} \rightarrow \text{U}^{233}$) als Brennstoff vor. Bereits 1949 schlug A.M. Weinberg einen Reaktor mit Uran und Thorium haltigen Salzen des Fluor als Betriebsmittel für Flugzeuge vor. Bis heute, ist der Name Weinberg mit einer kontroversen Philosophie über Kernreaktoren verbunden. In den USA gipfelte diese Entwicklung im MSRE (Molten Salt Reactor Experiment), der von 1965 bis 1969 in Betrieb war. Es ist also beileibe keine neue Erfindung, sondern eher die Wiederaufnahme einer alten Entwicklungsschiene, deren Vor- und Nachteile im weiteren etwas beleuchtet werden sollen.

Die Neutronenfrage

Die Wahrscheinlichkeit für eine Kernspaltung hängt maßgeblich von der Geschwindigkeit der Neutronen im Reaktor ab: Je langsamer sie sind, um so größer ist bei Uran und Plutonium die Wahrscheinlichkeit einer Kernspaltung (Spaltungsquerschnitt in barn). Aber Vorsicht, dies gilt nur für die ungeraden Isotope (U^{233} , U^{235} , Pu^{239} etc.). Will man auch die geraden Isotope spalten (U^{238} etc.) geht das nur mit schnellen Neutronen. Man kann sogar mit Natururan (0,7% U^{235}) kommerzielle Reaktoren bauen (Deuterium oder Graphit als Moderator), aber schon bei Leichtwasser (Druckwasser- oder Siedewasserreaktor) muß man das Uran aufwendig anreichern (ca. 3–5% U^{235}). Will man auch das U^{238} spalten, muß man zwingend schnelle Neutronen verwenden und braucht eine sehr viel höhere Anreicherung bzw. entsprechend viel Plutonium.

Warum diese Vorüberlegungen? Neutronen werden durch Zusammenstöße mit den Materialien des Reaktors zwangsweise abgebremst. Man ist also nicht

mehr frei bei der Auswahl der Salze. Wählt man „leichte“ Salze aus Lithium und Beryllium ist die Abbremsung bereits so stark, daß man nicht mehr von schnellen Neutronen sprechen kann. Man baut automatisch einen Reaktor mit thermischem Neutronenspektrum. „Thermisch“ ist eine Geschwindigkeitsangabe über die Temperatur im Reaktor, da man wegen der Brownschen Molekularbewegung diese Geschwindigkeit nicht unterschreiten kann. Will man ein härteres (schnellere Neutronen) Spektrum, muß man zwingend auf „schwere“ Salze aus z. B. Chlor übergehen.

Die Salze

Standard ist immer noch das Molten Salt Reactor Experiment (MSRE). Der MSRE wurde 1960 geplant, wurde 1965 zum ersten Mal kritisch und lief bis 1969 mit verschiedenen Brennstoffen. Er hatte ein thermisches Neutronenspektrum und eine Leistung von 7,34 MW. Das Salz bestand aus 65% Li^7F , 29,1% BeF_2 , 5% ZrF_4 und 0,9% UF_4 (alles in Molprozent). Man kann hier schon einige grundlegende Überlegungen ableiten:

- Um ein thermisches Spektrum zu erhalten muß das Salz überwiegend aus „leichten“ Kernen gebildet werden (Li^7 , F^{19} , Be^9 , Zr^{90}). Trotzdem war auch hier noch ein zusätzlicher Moderator aus Graphit erforderlich. Die Salze dürfen auch nicht parasitär gegenüber den Neutronen sein (zu große Einfangquerschnitte). Dies gilt besonders, wenn man aus dem Thorium Uran erbrüten will.
- Es handelt sich um eine Mischung aus Fluorsalzen. Fluor ist bei Raumtemperatur gasförmig. Es gehört zu den stärksten Oxidationsmitteln und reagiert mit fast allen Elementen sehr heftig. Dies ist wichtig, da ja bei jeder Kernreaktion auch die chemische Verbindung zerbricht und nahezu das gesamte Periodensystem neu entsteht. Die radioaktiven Spaltprodukte sollen auch im Salz gebunden (Sicherheit bei Störfällen) werden.
- Der Anteil an spaltbaren Atomen ist mit unter einem Prozent recht klein. Das Salz ist quasi nur mit Brennstoff – und später den Spaltprodukten – „verunreinigt“. Das ist wichtig, da die Salzmischung mit allen möglichen Bauteilen des Reaktor in Kontakt kommt und zu Korrosion führt – bis heute ein Problem dieses Reaktortyps.

Man hat den MSRE mit U^{235} (Anreicherung 32%), U^{233} ($\approx 91,5\%$) und $\text{Pu}^{239}\text{F}_3$ erfolgreich betrieben. Das letzte Salz führt unmittelbar zum „Waste Burner“, in dem man Reaktorplutonium und Minore Aktinoide aus Leichtwasserreaktoren verwendet.

In der Natur kommen die beiden stabilen Isotope Li^6 (7,6 %) und Li^7 (92,4 %) vor. Für einen MSR ist nur Li^7 erwünscht, da aus Li^6 durch Neutroneneinfang (großer Querschnitt) radioaktives Tritium entsteht. Generell gilt, daß die Salze sehr rein sein müssen, was sie teuer macht.

Will man ein schnelles Neutronenspektrum, darf das Salz nur wenig leichte Kerne enthalten. Chlorsalze sind die Favoriten. Sie sind

insbesondere für Uran-Plutonium-Kreisläufe das Salz der Wahl. Sie stehen damit in unmittelbarer Konkurrenz zu „schnellen Brütern“ mit Natrium oder Blei als Kühlmittel. Natürliches Chlor besteht zu 75,76% aus Cl^{35} und 24,24% Cl^{37} . Cl^{35} und Cl^{36} haben sehr viel größere Einfangquerschnitte als Cl^{37} . Es empfiehlt sich daher, möglichst reine Chlorsalze aus nur dem Isotop Cl^{37} zu verwenden. Diese sind aber sehr teuer.

Die Entfernung der Spaltprodukte

Durch Kernspaltung und Neutroneneinfang bildet sich mehr oder weniger das gesamte Periodensystem. Man kann lediglich Wahrscheinlichkeiten für die Zusammensetzung angeben:

- Die Spaltprodukte sind radioaktiv. Damit ergibt sich der simple aber durchschlagende Zusammenhang: Je mehr davon in einem Reaktor vorhanden sind, desto größer ist die (potentielle) Freisetzung bei einem Störfall.
- Die Art und Anzahl der Spaltprodukte bestimmt die Nachzerfallswärme nach Abschaltung des Reaktors und damit die erforderliche Notkühlung.
- Die Spaltprodukte gehen neue chemische Verbindungen ein. Dies macht den Korrosionsschutz so komplex. Die neu gebildeten Verbindungen haben aber auch andere physikalische Eigenschaften (Schmelztemperatur, Dampfdruck etc.). Dadurch kann es auch bei Zwangsumlauf zu Ablagerungen und Ausgasung kommen.
- Durch z. B. Gasblasen ändert sich der neutronenphysikalische Zustand im Reaktor. Deshalb sieht man mindestens eine kontinuierliche Gasabscheidung vor. Was alles gasförmig ist, hängt stark von der Betriebstemperatur ab. Beileibe treibt man durch das sog. Strippen mit Edelgas nicht nur die gewünschten, sondern auch andere Verbindungen aus, die sich dann in kalten Bereichen niederschlagen. So hat man z. B. beim Abbruch amerikanischer Salzbadreaktoren unerwartete Konzentrationen von Uranfluoriden in Abgasfiltern gefunden.
- Reaktoren werden über die verzögerten Neutronen geregelt. Das sind Neutronen, die erst beim Zerfall gewisser radioaktiver Elemente frei werden. Dies macht zumindest die Berechnung kompliziert, da sich nicht nur ein zeitliches, sondern auch ein örtliches Problem ergibt. Anders als bei Reaktoren mit Brennelementen, bewegen sich die Kerne mit der Strömung des Salzes weiter. Sie werden unter Umständen an Stellen frei, wo man sie nicht braucht oder gar nicht haben will.

Verringerung des Inventars zur Sicherheit

Salzbadreaktoren sind nahezu drucklos. Dies ist gegenüber Leichtwasserreaktoren ein Vorteil. Platzt z.B. eine Rohrleitung, führt das nur zu einem Auslaufen und nicht zu einer „Explosion“. Hochdruckdampf hat enorme zerstörerische Kräfte. Es wird auch immer

damit argumentiert, daß der geringe Druck zu dünnen Wänden und damit einer billigeren Konstruktion führt. Dies gilt es gegen die aggressive Chemie des heißen Salzes abzuwägen. Es wird wohl kaum gelingen, jemals 60+ Jahre Betrieb – wie bei modernen Leichtwasserreaktoren – zu erreichen.

Das Risiko eines Unfalls hängt immer von der Wahrscheinlichkeit (überwiegend eine Folge von Konstruktion und Betriebsumständen) und dem Schaden (überwiegend das Inventar an radioaktiven Stoffen zum Zeitpunkt des Unfalls) ab. Bei allen Reaktoren ergibt sich maßgeblich das radioaktive Inventar aus der (bis zum Unfall) produzierten Energie. Pauschale Urteile sind sinnlos. Werden unterschiedliche Reaktoren diesbezüglich verglichen, sind z.B. sehr genau die Wechselintervalle des Brennstoffs zu berücksichtigen. Bei heutigen Leichtwasserreaktoren wird jeweils ein Drittel des Brennstoffs jährlich entnommen. Demgegenüber gibt es bei Salzbadreaktoren Konzepte, bei denen diese zig Jahre laufen sollen und dann am Stück ausgetauscht werden.

Bei Salzbadreaktoren ist zumindest theoretisch eine kontinuierliche Wiederaufbereitung während des laufenden Betriebs möglich. Dies kann durch Abzweigen eines kleinen Teilstroms und Wiederaufbereitung in einem angeschlossenen chemischen Prozess geschehen. Andere Konzepte sehen ein Abscheiden durch Verdampfung im Vakuum vor. Man geht dabei von der Annahme aus, daß die Gase nur Spaltprodukte und keinen Brennstoff enthalten. Verbindliche Aussagen wird man erst nach vielen Betriebsjahren in vielen Reaktoren machen können. Leichtwasserreaktoren haben bezüglich der Genehmigung in diesem Sinne einen unschlagbaren Vorteil. Entscheidend ist nicht zuletzt die Frage ob der Kunde (meist gestandene Kraftwerker) sich mit soviel Chemie anfreunden kann.

Sicherheit

Reaktoren mit Salzschnmelze sind inhärent sicher: Meint, sie brauchen kein System zur Schnellabschaltung. Sie gehen von selbst aus, wenn die Temperatur ansteigt, weil dadurch die Kettenreaktion in sich zusammenbricht. Sie können darüberhinaus auch noch „walk away“ sicher gebaut werden. Durch die große Wärmespeicherkapazität und dem großen Abstand zum Siedepunkt (Druckanstieg) ist eine dauerhafte Kühlung für die Nachzerfallswärme ohne ein (aktives) Notkühlsystem möglich. Unfälle, wie z. B. in Fukushima, scheinen damit physikalisch ausgeschlossen.

Ob allerdings MSR vollkommen ohne Regelstäbe etc. auskommen können, wird der Genehmigungsprozess zeigen. In der Öffentlichkeit geistert immer ein Pfropfen umher, der eine Rohrleitung verschließt und bei zu hoher Temperatur aufschmilzt und den Weg in einen Sicherheitstank frei gibt. Diese Vorstellung ist sehr laienhaft. Um einen solchen gefrorenen Pfropfen zu erzeugen, muß dieser im Betrieb dauerhaft aktiv gekühlt werden. Das ist gar nicht so einfach und es ergibt sich ein recht komplexes Bauteil. Trotzdem sind bei den Versuchsständen immer Undichtigkeiten aufgetreten. Im Ernstfall muß diese Verstopfung – auch

nach jahrelangem Betrieb – sicher und schnell aufschmelzen. Auch das keine einfache Aufgabe. Es handelt sich nach längerer Zeit nicht mehr um das ursprünglich eingefrorene Salz. Es ergeben sich Schichtungen, Kristallisation usw. Jedenfalls hat die Praxis gezeigt, daß solche Pfropfen 10 bis 15 Minuten brauchen, bis sie den Weg in den Tank freigeben. Etliche Entwürfe sehen deshalb zusätzlich aktive Ventile vor.

Wertung

Es gibt nicht den einzig selig machenden Reaktortyp. Jedes Prinzip hat ganz spezifische Vor- und Nachteile. Es hängt alles vom Anwendungsfall ab:

- Will man nur elektrische Energie erzeugen, wird der MSR genauso wenig die Leichtwasserreaktoren verdrängen, wie die Wärmepumpe den Heizkessel.
- Braucht man sehr hohe Temperaturen, sind die gasgekühlten Hochtemperaturreaktoren die Wahl.
- Will man auch das U^{238} nutzen, sind mit Natrium oder Blei gekühlte schnelle Reaktoren zumindest bisher unübertroffen. Sie sind auch hervorragend geeignet um die Minoren Aktinoide zu beseitigen und die Entsorgungsfrage ganz neu zu stellen.
- Will man auch Thorium als zusätzliche Energiequelle nutzen, sind die Schwerwasserreaktoren eine echte Alternative.
- Braucht man einen nuklearen Schiffsantrieb, bleiben (wahrscheinlich) nur Druckwasserreaktoren und MSR. Sie sind die einzig kompakten Reaktoren ohne freie Oberflächen.
- MSR sind von Natur aus für „nicht ganz so hohe Temperaturen“ ($<600^{\circ}\text{C}$) hervorragend geeignet. Spätestens nach dem Krieg gegen die Ukraine ist klar geworden, wie wichtig Wärme für die Industrie ist.

Gleichwohl ist es dringend nötig, endlich mal einen SMR zu bauen. Es macht einfach keinen Sinn, ewig nur über Vor- und Nachteile zu philosophieren. Man muß in der Technik praktische Erfahrungen sammeln. Schließlich sehen die heutigen Leichtwasserreaktoren der Generation III+ auch anders aus, als deren erste Generation. Am Ende entscheidet immer der Markt. Wir haben doch bei unseren Autos auch eine ganze Palette unterschiedlicher Antriebssysteme zur Auswahl.

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog des Autors hier

Der Weiterbetrieb der Kernkraftwerke ist unumgänglich

geschrieben von Admin | 7. Juli 2022

Von Manfred Haferburg

Achgut.com Autor Manfred Haferburg gab als Sachverständiger bei einer Anhörung im Sächsischen Landtag eine Stellungnahme zur Energiesituation ab, die wir im Folgenden dokumentieren.

Die Anhörung erfolgte auf Antrag der AFD-Fraktion, das Thema hieß „Versorgungssicherheit gewährleisten, Energiepreise stabilisieren – Laufzeitverlängerung für Kernkraftwerke und Überprüfung des Kohleausstiegs“

Meine sehr geehrten Damen und Herren, geschätzte Kollegen, sehr geehrte Frau Vorsitzende,

Ich werde in meiner Stellungnahme darauf eingehen, dass die Abhängigkeit vom Gas die Energiewirtschaft in ein Dilemma geführt hat. Ich zeige die Unmöglichkeit der Erreichung der regierungsamtlichen Erneuerbaren-Ausbauziele bis 2030 auf. Danach stelle ich die wesentlichsten Voraussetzungen für den Weiterbetrieb der verbliebenen Kernkraftwerke dar und komme zu dem Schluss, dass der Weiterbetrieb der verbliebenen deutschen KKW unumgänglich ist.

Das deutsche Energiewende-Dilemma:

Seit 2016 wurden in Deutschland 11.000 MW Kernkraftwerkskapazität stillgelegt. Dazu kommen 3.000 MW Braunkohle, 2.500 MW Steinkohle, 3.500 MW Erdgas und 1.000 MW Mineralöl. Jetzt drohen durch den Gasmangel 25.000 MW Gaskraftwerkskapazität wegzubrechen. Wir reden hier über 55.000 MW Erzeugungskapazität, die wegfällt. Das sind ungefähr 50 Großkraftwerke, die im Netz fehlen.

Ersetzt werden soll dies alles durch Erneuerbare Energien. Dabei wird oft installierte Leistung mit verfügbarer Leistung verwechselt. Wenn sie ein KKW oder Kohlekraftwerk mit 1.000 MW installierte Leistung haben, sind durchschnittlich 950 MW verfügbar, wenn die Leistung benötigt wird. Wenn sie einen Windpark mit 1.000 MW installierte Leistung haben, sind durchschnittlich 180 MW verfügbar. Es gibt Stunden, da decken die Umweltenergien den gesamten Strombedarf, aber es gibt Tage (ca. 50 im Jahr), da fallen sie ganz aus.

Die deutsche Energiepolitik ist ein weltweiter Alleingang, niemand folgt uns. Ja, es gibt ein paar Länder ohne KKW, aber die sind mit anderen eigenen Energiequellen wie Wasserkraft gesegnet. Doch Deutschlands

Energiewende schüttet kurzfristig die alten Brunnen zu, bevor neu gegrabene Brunnen genügend Wasser geben. Das russische Gas war die Brückentechnologie, die Reserve-Wasserleitung, um die Zeit zu überbrücken, bis genügend Wasser aus den neuen Brunnen fließt.

Erdgas trägt mit einem Viertel zur deutschen Primärenergieversorgung bei, durch den energiewendebedingten Kern- und Kohleausstieg, Tendenz steigend. Putin brauchte nur abzuwarten, bis Deutschland genug Kraftwerke verschrottet hat, um sein Machtspiel zu starten. Deutschland hat sich erpressbar gemacht und ist nun bei der Erdgasversorgung mit einer Importquote von 89 Prozent nahezu komplett abhängig von ausländischen Lieferungen. Fallen die russischen Lieferungen völlig weg, drohen laut Vereinigung der Bayrischen Wirtschaft VBW fünf Millionen neue Arbeitslose, ein 12-prozentiger Wirtschaftseinbruch mit 50-prozentigen Verlusten bei der Glas-, Roheisen,- und Stahlindustrie.

Jede weitere Kernkraftwerksabschaltung verschlimmert diese prekäre Situation, da im Bedarfsfall, z.B. bei Flaute oder Dunkelheit Gas zur Stromerzeugung benötigt wird. Stromerzeugung und Gasverbrauch hängen somit unmittelbar zusammen.

Ein bisschen Grundsätzliches, um etwas mehr Klarheit in der Kommunikation zu schaffen:

Es gibt nur drei Energiequellen für die Versorgung eines Landes mit Energie. Andere Nennenswerte haben wir nicht. Diese drei Energiequellen haben zumal sehr unterschiedliche Verfügbarkeiten und Energiedichten, d.h. ihr Flächen- und Ressourcenverbrauch und ihr *Return Of Investment* sind sehr unterschiedlich.

1. Umweltenergie: Solar, Wind, Wasser, Biomasse (wetterabhängige Verfügbarkeit, niedrige Energiedichte)
2. Fossile Energie: Öl, Gas, Kohle (hohe Verfügbarkeit und Energiedichte)
3. Kernenergie: thermische Kernspaltung, schnelle Kernspaltung, (höchste Verfügbarkeit und Energiedichte)

Aus zwei dieser drei Quellen will Deutschland aussteigen und zwar aus denen mit der höchsten Verfügbarkeit und Energiedichte.

Es wird oft Primärenergieverbrauch und Stromverbrauch verwechselt. Strom macht nur 25 Prozent des Primärenergieverbrauchs aus. Die Umweltenergien Wind und Sonne tragen in Deutschland zwar mit 46 Prozent zur Stromerzeugung – wenn auch oft zur Unzeit –, aber mit weniger als 6 Prozent zur Primärenergieversorgung bei.

Strom ist aber das Produkt mit der weltweit niedrigsten Haltbarkeit. Ohne industriefähige Speichertechnologie muss Strom genau in dem Moment und in der Menge erzeugt werden, in dem er verbraucht wird. Sonst bricht das Netz zusammen.

Speicherkapazität gibt es in Deutschland nur für wenige Stunden. Und das wird auch noch viele Jahre so bleiben. Die oft als Lösung kolportierte Wasserstoffwirtschaft hat einen viel zu schlechten Wirkungsgrad, um das Problem lösen zu können. Um 1 Kilowattstunde Wasserstoff zu erzeugen, benötigt man 4 Kilowattstunden Strom.

Mitten in einer Energiekrise – vom Klimaminister Habeck mittels des Notfallplans Gas ausgerufen – sollen wertvolle, gut funktionierende Kraftwerke verschrottet werden, ohne dass der Ersatz in Sicht ist. Das ist politisch und sozial nicht zu verantworten. Der Wirtschaftsminister deutete bereits Energierationierungen an und verweist in seiner Not aufs Ausland: „Wir würden überhaupt nicht vorankommen, wenn wir in dieser Situation nicht auf Frankreich, auf Belgien, auf die Niederlande, zurückgreifen könnten, die uns ja unterstützen“. Fällt niemandem auf, dass diese Länder alle Kernkraftwerke betreiben?

Kann der beschleunigte Ausbau der Erneuerbaren es richten, so, wie es die Politik propagiert?

Schon vor dem Ukrainekrieg waren die Erneuerbaren-Ausbauziele der Regierung schlicht illusorisch. Die der heutigen Regierung sind noch unrealistischer, da sie noch weit darüber liegen.

Es gibt einen bekannten Strom-Bedarf, der 2030 gedeckt werden muss. Es gibt einen gesetzlichen Plan, was im Rahmen der Energiewende an Kernkraft und Kohle stillgelegt werden soll. Daraus ergibt sich eine Strom-Erzeugungslücke, die durch den Zubau von Erneuerbaren gedeckt werden müsste. Jeder, der die vier Grundrechenarten beherrscht, kann daraus den notwendigen Zubau an Wind- und Solaranlagen über die Zeit errechnen. Wasserkraft und Bioenergie sind auf Grund mangelnder geologischer Voraussetzungen nicht nennenswert ausbaubar.

Was müsste also ab sofort arbeitstäglich für die nächsten acht Jahre gebaut werden, um die regierungsamtlich verkündeten Ziele zu erreichen?

Wind Onshore: 294 Windenergie-Anlagen pro Monat = **10 neue Onshore-Windenergie-Anlagen pro Tag** (zum Vergleich: In 2020 wurden pro Monat 35 Onshore-Anlagen zugebaut).

Wind Offshore: 15 Anlagen pro Monat = **alle 2 Tage eine neue Windenergie-Offshore-Anlage** (Zum Vergleich: Im ersten Halbjahr 2021 erfolgte kein Zubau von Offshore-Anlagen)

PV: 16.670 Anlagen pro Monat = **556 neue PV Anlagen pro Tag**

Und selbst wenn die Rohstoffe Kupfer, Nickel und Molybdän für diese Ausbauziele von einem anderen Planeten importiert würden und die nötigen Fachkräfte in Scharen nach Deutschland strömten, es hülfe oft nichts: Derzeit gibt es 36.000 Windkraftanlagen, die bei Flaute null MW produzieren. Selbst wenn es 360.000 gäbe, würden sie bei Flaute auch nur

null MW produzieren.

Durch dieses Dilemma ergibt sich die dringende Frage: Können wenigstens die letzten drei Kernkraftwerke gerettet werden?

Ich sage ja – es ist nicht unmöglich. Aber es hat seinen Preis. Und der ist eher politisch als monetär. Deutschland müsste der EU-Taxonomie folgend die Kernenergie als „grün“ anerkennen.

Als erstes müsste das deutsche Atomgesetz umgehend novelliert werden. Ab 1. Januar 2023 ist die gewerbliche Stromerzeugung aus Kernenergie in Deutschland nämlich verboten.

Als zweites müsste für die Eigentümer der Kraftwerke, die Energieversorger, Investitionssicherheit geschaffen werden. Die Politik müsste eine terminierte Laufzeitverlängerung beschließen (drei Jahre, fünf Jahre etc.) und vertraglich zusichern. Das Vertrauen in die Investitionssicherheit ist dahin.

Als drittes müssen Betriebsgenehmigungen für den Weiterbetrieb erteilt bzw. die bestehenden verlängert werden. Seit mehreren Jahren arbeiten die Führungen der Unternehmen gemeinsam mit den Behörden daran, die entsprechenden Genehmigungen für die Stilllegung und den darauf anschließenden Rückbau zu erteilen. Hunderte Aktenordner sind mit Anträgen und Erteilungen mit vielen Unterschriften und Stempeln gefüllt. Diese Dokumente sind derzeit alle rechtlich verbindlich und müssen rückabgewickelt werden.

Als viertes müsste dafür gesorgt werden, dass genügend qualifiziertes und lizenziertes Personal für den Weiterbetrieb zur Verfügung steht. Ein deutsches KKW wird von etwa 350 höchstqualifizierten Spezialisten betrieben. Die Kernkraftwerke bereiten sich seit Jahren mit detaillierten Personalplanungen auf die Stilllegung vor. Die Personalabwicklungspläne und Verträge sind in einem langen schmerzhaften Prozess unterschrieben und rechtsgültig.

Die verbliebenen Spezialisten müssten bei einem Weiterbetrieb natürlich auch weiter arbeiten, bis neues Personal zur Verfügung steht. Und die abgewanderten Lizenzträger müssten wieder angelockt werden. Um sie zu motivieren, müsste man sie allerdings sehr gut bezahlen, sozial absichern und eine Zukunftsperspektive bieten.

Als fünftes müssen umgehend neue Brennstoffladungen bestellt, genehmigt und bezahlt werden – besser gestern als heute. Um jetzt – im Sommer – Brennstoff für den Winter zu sparen, müssten die Kraftwerke umgehend so oft als möglich abgeregelt werden. Sonst haben sie am 31.12.2022 nur noch geringe Reaktivitätsreserven in ihren Reaktorkernen. Sie können ab Januar über die Einsparungen hinaus noch drei Monate Stretch-Out mit langsam sinkender Leistung fahren und so über den Winter kommen. Umgehend müssen Neubeladungen für jedes Kraftwerk von den Kernbrennstoffherstellern maßgeschneidert gefertigt werden. Dieser

Prozess braucht Zeit und Geld – kann aber erst gestartet werden, wenn die anderen Voraussetzungen erfüllt sind.

Fazit für die verbleibenden Kernkraftwerke:

Zusammenfassend möchte ich feststellen, dass ein Weiterbetrieb der letzten drei Kernkraftwerke technisch und organisatorisch unter Voraussetzungen machbar wäre.

Für den sicheren und ökonomischen Betrieb von Kernkraftwerken benötigt ein Land vor allem eines – Stabilität. Und wenn hier von Stabilität die Rede ist, meine ich politische, ökonomische und soziale Stabilität.

Anhand meiner fünf Voraussetzungen für den Weiterbetrieb habe ich versucht herzuleiten, dass es für die Kernenergie in Deutschland derzeit an Stabilität mangelt.

Durch politische Garantien muss das Vertrauen wieder aufgebaut werden. Die Kernkraftwerke können das entstandene Problem nicht allein lösen – das wäre vor 11 Jahren noch möglich gewesen – aber sie könnten einen wesentlichen Beitrag für die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit leisten. Und ja, mit Strom kann man heizen – halb Frankreich macht das.

Thema Sicherheitsüberprüfung:

Der TÜV Süd kommt in einem Gutachten zu dem Ergebnis, dass ein Weiterbetrieb des KKW Isar II ohne eine Sicherheitsüberprüfung über den 31.12.2022 hinaus möglich sei. Es gibt keine Hinweise, dass die erforderliche Schadensvorsorge infrage gestellt sein könnte, so der TÜV. Das Gutachten wurde im Auftrage des bayerischen Umweltministeriums erstellt.

Ohne neue Brennelemente wäre nach Einschätzung des TÜV Süd ein Weiterbetrieb der Anlage bis August 2023 möglich – zunächst in einem normalen Weiterbetrieb von 80 Tagen, dann weitere drei Monate durch „Umsetzen“ der vorhandenen Brennelemente im Reaktorkern. Insgesamt könne so eine zusätzliche Energie von etwa 5,16 TWh Strom erzeugt werden.

Der TÜV Süd schlussfolgert, dass bei umgehender Bestellung eine Weiterführung des Betriebes auch über den Herbst 2023 möglich wäre. Eine Anlieferung frischer Brennelemente innerhalb von 12 Monaten hält auch der TÜV Süd für möglich.

Der Beitrag erschien zuerst bei ACHGUT [hier](#)

Der Wärmepumpengipfel

geschrieben von Admin | 7. Juli 2022

In Deutschland wird besonders gern gegipfelt und gewendet. Jetzt soll auch die Wärmewende kommen – also eine Abkehr von Wärme zu Kälte? Man gipfelt zur Wärmepumpe, es soll wieder einen Königsweg mit nur einer Technik als Erlösung geben. Die Lernfähigkeit unseres führenden Personals ist überschaubar.

von Frank Hennig

Im Zuge der Sektorenkopplung soll künftig auch der Wärmemarkt zunehmend auf Elektrizität basieren. Das hilft als Begründung für immer weiteren, ambitionierten, ehrgeizigen und ähnlich propagandistisch bezeichneten extremen Ausbau von Wind und Fotovoltaik.

Auch hier will man wieder alle Eier in einen Korb legen, auch hier werden Ziele verkündet, die einer Plausibilitätsprüfung nicht standhalten. 2021 wurden 154.000 Wärmepumpenanlagen installiert, ab 2024 sollen es 500.000 pro Jahr sein. Abgesehen von der Frage, ob auf Herstellerseite so viel gebaut werden kann und was dieser Nachfragedruck für die Preise bedeutet, steht vor allem die Installateursseite im Focus. Bereits heute fehlen um die 40.000 Fachkräfte, nun bräuchte man noch 60.000 zusätzlich. Minister Habeck sieht dafür drei Hebel: Die Attraktivität des Berufes herausstellen, die Weiterbildung fördern und die „Hürden“ senken. Insbesondere letzter Punkt ist problematisch, denn Wärmepumpen sind in der Auslegung und Einstellung verglichen mit konventionellen Heizungssystemen sehr sensibel. Eine falsch eingestellte Anlage wird schnell zum Stromfresser.

Erwähnenswert übrigens, dass es über die sehr konkrete Tätigkeit im Heizungsgewerbe keine Quotendiskussion gibt. Die Zahl der jungen Frauen, die sich in der Heizungs-, Klima- und Lüftungsbranche durch Machos am beruflichen Aufstieg gehindert fühlen, dürfte gering sein. Jedenfalls gab es dazu noch keine Diskussion, andernfalls wäre es in einschlägigen Medien verbreitet worden.

Kälte rein, Wärme raus

Die Funktionsweise einer Wärmepumpe kann man sich am besten wie die eines Kühlschranks vorstellen, der anders herum genutzt wird. Der Umwelt wird Wärme auf niedrigem Niveau entzogen, ein Kältemittel verdampft bei niedrigem Druck, wird komprimiert und kondensiert bei hohem Druck und höherer Temperatur.

Die überwiegende Zahl der Anlagen funktioniert auf diese Weise und

benötigt entsprechend Strom für die Verdichter. Am Ende steht ein Wirkungsgrad von über 100 Prozent, aber da dies den Begriff verfälscht, spricht man hier von der „Arbeitszahl“. Bei modernen Anlagen liegt diese bei 4 bis 5, das heißt pro aufgewendeter Energieeinheit (Kilowattstunde Strom) ergeben sich 4 bis 5 Kilowattstunden Wärme.

Die Arbeitszahl ist umso höher, je geringer die Temperaturdifferenz von Energiequelle (Erdboden, Außenluft) zur Heizungs-Vorlauftemperatur ist. Deshalb machen eigentlich nur Niedertemperaturheizungen Sinn, also Fußboden- oder Wandheizungen. Übliche Heizkörper müssten in größerer Zahl eingebaut werden, um die Räume mit der geringen Vorlauftemperatur von 30 bis reichlich 40 Grad ausreichend temperiert zu bekommen.

Das zeigt, dass nicht jedes Gebäude für eine Umrüstung geeignet ist. Der nachträgliche Einbau einer Fußbodenheizung ist aufwändig und auch eine gute Gebäudedämmung ist Voraussetzung. Deshalb sagte Professorin Messari-Becker, Inhaberin des Lehrstuhls für Gebäudetechnologie und Bauphysik an der Uni Siegen, Wärmepumpen seien gut für den Neubau. Doch die Herausforderungen lägen im Bestand. Hier seien die Gebäude, ihre energetische Qualität oder die Infrastruktur derart unterschiedlich, dass es nicht die eine Lösung geben könne. Die Bundesregierung sollte dringend vielfältige technische Wege zulassen. „Man ist immer noch auf Strom fokussiert.“ Das sei ein fataler Fehler, man müsse mehr etwa auch auf Biogas oder Geothermie setzen und an Quartierslösungen denken.

Weisung statt Markt

Nun widerspricht differenziertes Denken dem grünen Naturell. Hier gibt es kein Grau, nur schwarz und weiß, nur richtig und falsch, nur gut und böse. Hier ist Wettbewerb unter den Technik unerwünscht, ein selbstregulierender Markt sowieso. Dabei gab es noch nie Erfindungen, technischen Fortschritt und Technikentwicklung nach politischen Vorgaben. Stets war es der Markt, der für Höherentwicklung sorgte, die besten Technik für den Masseneinsatz möglich machte.

Dabei trennte sich auch folgerichtig die Spreu vom Weizen, die Windenergie war auf Grund geringer Energiedichte und zufälligem Aufkommens im ausgehenden 19. Jahrhundert folgerichtig am Ende. Nur durch politische Entscheidungen, Begünstigung und finanzieller Zwangsbeatmung wurde sie wieder zur Massenerscheinung. Politiker mit ihrem begrenzten (und offenbar immer begrenzterem) Wissen, maßen sich an, die Weichen der Technik per Beschluss zu stellen und damit das Leben in den künftigen Jahrzehnten bereits heute bestimmen zu können.

Nun stehen nicht nur Material- und Fachkräftemangel dem überambitionierten Ziel des umfangreichen Wärmepumpenausbaus im Weg, auch die Stromzufuhr für die Masse der Anlagen in der Fläche funktioniert nicht ohne den Ausbau der Verteilnetze, was mit zunehmender E-Mobilität ohnehin nötig würde. Das Gesamtaufkommen an Strom ist nicht gesichert, denn immer noch gelten die Gesetze zum Atom- und

Kohleausstieg.

Seit dem 1. Juli hilft uns nun die Ukraine. Nach Angaben von Präsident Selenskyi fließt der Strom über Rumänien in die EU, er könne einen bedeutenden Teil russischen Gases ersetzen. Währenddessen behaupten immer noch deutsche Politiker und Wissenschaftlerinnen, Strom- und Wärmesystem hätten nichts miteinander zu tun. Mehr Ahnungslosigkeit war selten, deutsche Gaskraftwerke laufen weiter und produzieren zwischen etwa 5.000 und 18.000 Megawatt Strom.

Der ukrainische Strom verbessert sogar unseren Fußabdruck, er wurde am 1. Juli mit 238 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde erzeugt, während deutscher Strom mit 377 Gramm zu Buche schlug¹. Die Kernkraft macht den Unterschied.

Ein Land im Krieg hilft einem Land, das selbst im Frieden seine Infrastruktur nicht in den Griff bekommt.

Luft und Erde

Wärmepumpen wie auch E-Mobil sind nur dann „klimafreundlich“, wenn der Strom zu ihrem Betrieb weitgehend emissionsfrei ist. Durch das Ersatzkraftwerke- bereitstellungsgesetz (EKWG) wird es wieder mehr Kohlestrom geben. Da die E-Fahrzeuge ohnehin mit einem größeren CO₂-Rucksack vom Band rollen, wird durch den Fahrstrom mit hohem Kohleanteil der herbei gerechnete „Klimavorteil“ gegenüber einem Verbrenner zunehmend Makulatur. Dennoch bleibt die 9.000-Euro-Förderung erhalten. Warum? Ebenso konterkarieren kohlestrombetriebene Wärmepumpen den Ansatz der Emissionssenkung.

Nun hängen die Vorteile der Wärmepumpe, eine gute Nutzung der Umweltwärme und eine möglichst hohe Arbeitszahl, stark von der Art der eingesetzten Umweltwärme ab. Anlagen mit Solekreisläufen, also Erdsonden oder -kollektoren, liefern das ganze Jahr über relativ konstante Vorlauftemperaturen an der Eingangsseite von ungefähr fünf Grad. Das ermöglicht auch im Winter wirtschaftlichen Betrieb. In viel größerer Zahl werden allerdings Luftwärmepumpen verbaut, die die Umgebungsluft nutzen. Sie sind in der Installation wesentlich preiswerter, bei den Betriebskosten dürften sie jedoch deutlich teurer sein.

Ich kann hier eigene Erfahrungen einbringen, denn bei uns im Haus laufen zwei Wärmepumpen. Die erste wurde bereits 1995 beim Bau installiert, das Aggregat wurde inzwischen erneuert. Damals war es noch eine Exoten-Technik . Sie arbeitet mit vier doppelt berohrten Erdspeisen, die bis in etwa 25 Meter Tiefe reichen. Das hat auch in kalten Wintern stabile Temperaturen auf der Primärseite zur Folge. Die Warmwasserbereitung läuft über eine Luftwärmepumpe, die im Keller steht und von der Temperatur der Kellerluft „lebt“. Hier gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen Sommer- und Winterbetrieb. Im Sommer bei fast 20 Grad im Keller sind die Laufzeiten kurz, im Winter bei unter 15 Grad

läuft sie deutlich länger und bei höherem Warmwasserverbrauch geht es nicht ohne den elektrischen Heizstab. Bezogen auf eine Heizungswärmepumpe auf Basis der Umgebungsluft bedeutet dies, dass im Winter, zu Zeiten des höchsten Wärmebedarfs, die Arbeitszahl stark sinkt und bei Frost der teilweise Einsatz einer weiteren Wärmequelle, vermutlich von Direktstrom, nötig werden kann.

In diesem Sinne äußerte sich auch Frau Professorin Messari-Becker in der Anhörung im Ausschuss für Klimaschutz und Energie des Bundestages zum Gebäudeenergiegesetz. Sie schlug eine stärkere Förderung Erdwärme-basierter Wärmepumpen vor. Ob die Grünen diesen technisch-physikalischen Unterschied der Wärmepumpentechnologie intellektuell verarbeiten können, darf bezweifelt werden. Bei ihnen schlägt Ideologie das Fachwissen. Dies ist eine Analogie zum verflossenen realsozialistischen System.

Wärmepumpen können und sollten verstärkt genutzt werden. Sie sind aber bei weitem nicht der Königsweg im Gebäudesektor. Wie im Strommarkt und auf der Straße wäre ein sinnvoller Mix verschiedener Technik volkswirtschaftlich vorteilhaft. Gegen die Wärmepumpen spricht eine unkalkulierbare Strompreisentwicklung, zudem ist aus Sicht der Versorger und des Staates der systemische Vorteil gegeben, die Anlagen fernabschalten zu können. Über die Regelung der Schaltzeiten besteht die Möglichkeit des Zugriffs, das heißt, die Anlagen lassen sich nicht nur vertragsgemäß in Spitzenzeiten, sondern auch in eventuell kritischen Situationen abschalten. Das funktioniert bei den leistungsstärkeren Ladesäulen der E-Mobilität noch nicht, wird aber unausweichlich sein, wie der (vorerst zurückgezogene) Gesetzentwurf zur Spitzenglättung zeigte.

Im Jahr 2020 wurden etwa viermal so viele Gasheizungen wie Wärmepumpen installiert. Das ruft geradezu danach, weiter zu gipfeln und zu wenden.

1 – <https://app.electricitymap.org/map>

Niedersachsens Energieminister Lies – der Großdenker der Woche

geschrieben von Admin | 7. Juli 2022

Ein gerade erschienenes Interview mit dem niedersächsischen Energieminister Olaf Lies zeigt, dass wir nicht auf die Kompetenz der Politiker bei der Lösung der aktuellen Energie-Probleme hoffen sollten.

Von Roger Letsch

Namenswitze verbieten sich im Journalismus genauso wie derbe Bemerkungen über fachfremde und damit irrelevante Äußerlichkeiten. „Wie der/die/das schon aussieht“ geht gar nicht und ist genauso unstatthaft wie „wenn ein Politiker schon ‚Lügen‘ (englisch lies) heißt, was soll man da erwarten“. Nein, sowas lassen wir schön bleiben, selbst wenn bereits das Zitat in der Überschrift des Interviews der WELT mit Olaf Lies, dem Energieminister Niedersachsens, tatsächlich eine Lüge ist. Er behauptete doch allen Ernstes, wir „würden mit Atomkraft keine Kilowattstunde mehr erzeugen“, wenn wir die verbliebenen drei Kraftwerke länger am Netz ließen.

Nun bräuchte ein stattlicher deutscher Druckwasserreaktor noch im Herunterfahren kaum länger als einen Wimpernschlag für diese kleine Energiemenge am jungen Neujahrmorgen 2023 und würde den Minister leicht der Lüge überführen, aber wir wollen mal nicht kleinlich sein und lassen den Spruch als Metapher durchgehen, selbst wenn auch diese nicht stimmt. Könnte uns doch angesichts des vom Wirtschaftsminister Habeck ausgerufenen Gasnotstands bald buchstäblich jeder Hamster im Laufrad mit Fahrraddynamo eine Hilfe sein. Für die deutsche Kernkraft ist der Zug wohl tatsächlich abgefahren, und zwar ausschließlich deshalb, weil die Politik alle Gelegenheiten hat verstreichen lassen, in Anbetracht der Krise auf der Angebotsseite noch die Reißleine zu ziehen. Im Februar vielleicht oder im März wäre es noch gegangen. Mit langem Nachdenken und Zögern vielleicht auch noch im April oder Mai. Wenn sich aber selbst Ende Juni noch kein politischer Wille artikuliert hat, ist es tatsächlich zu spät, denn übermorgen wird schon Dezember sein und am 31. desselben war's das dann. Dank der an Dummheit grenzenden Denkfaulheit von Politikern wie Merkel, Scholz, Baerbock, Habeck und Lies.

Frieren oder Wirtschaftseinbruch

Frieren oder Wirtschaftseinbruch, Herr Minister, welches Schweind'l hätten's denn gern? So fragt die WELT. Und Lies, der beides nicht will und doch beides nicht verhindern kann, erklärt erst mal, dass die Gaskraftwerke vom Netz genommen werden und die Industrie auf Sparflamme gesetzt wird.

„Wir motivieren die Industriebetriebe mit einem Ausschreibungsmodell dazu, auf die Nutzung von Gas möglichst zu verzichten. Und wir werden die Bürger dazu animieren, auch im Winter deutlich weniger Gas zu verbrauchen.“

Das ist, als würde man einem Bergsteiger in 8.000 Meter Höhe empfehlen, flacher zu atmen. Wie dieser Verzicht im Privaten funktionieren soll, sagt der Minister auch: „Optimal gewartete Heizungsanlagen“ brauchen 15 bis 20 Prozent weniger Gas. Wie viele der installierten Anlagen dieses Potenzial überhaupt noch haben und wie viele Haushalte sich eine Verschwendung von 15 bis 20 Prozent bisher leisten konnten, weiß der

Minister zwar nicht, sieht aber „erhebliches Sparpotenzial“. Die Anlagen „rechtzeitig auf Vordermann“ bringen, das muss jetzt sein. Ist doch ganz einfach!

Eigentlich eine Ohrfeige für die Branche der Heizungsmonteure und Schornsteinfeger, die diese Ordnungsmäßigkeit jährlich attestieren müssen, und auch ins Gesicht der Hausbesitzer, die durch übertriebene Dämmungsmaßnahmen oder neue, teure Technik den seit Jahren steigenden Heizkosten zu entgehen versuchen und nun auch noch den CO₂-Heiz-Fußabdruck ihrer Mieter finanzieren müssen. Soll man also sämtliche – sagen wir zehn Jahre alten – Anlagen rausreißen und durch neue ersetzen? Mit welchem Geld? Mit welchen Anlagen? Welche Monteure sollen das erledigen und in welcher Zeit? Wann hat Lies eigentlich zuletzt mit einem Heizungsbauer in Braunschweig oder Hauseigentümer in Buxtehude gesprochen? In vier Monaten beginnt die Heizsaison und Lies denkt jetzt darüber nach, Energiespar-Experten loszuschicken und Förderprogramme aufzulegen! Hier, in Deutschland, wo die Handwerker selten sind wie Einhörner, älter als die Lehrer und die Handwerkslehre scheuende Gen-Z am liebsten GenderologiX beim NDR werden möchte oder auf Straßen klebt und „das Ende ist nahe“ ruft!

Ein Gasproblem, kein Stromproblem

„Wir haben ein Gasproblem, kein Stromproblem. Und für das Gas, das wir zurzeit zur Verstromung nutzen, haben wir eine Ersatzlösung. Längere Laufzeiten bei den Kohlekraftwerken. Das tut mir zwar weh. Wir haben ja lange genug über den Kohleausstieg verhandelt. Aber es muss nun mal sein, um den Strom zu ersetzen, den wir bisher mit Gaskraftwerken gewinnen. Die Debatte über die Verlängerung der Atomkraft können wir uns sparen. Wir würden keine Kilowattstunde mehr erzeugen, denn die Kraftwerke würden zwar länger, aber bei verringerter Leistung laufen müssen. Was wir brauchen, ist ein turboschneller Ausbau der Erneuerbaren.“

Nein, eine Ersatzlösung habt ihr nicht! Und zwar deshalb, weil es gerade die schnelle Regelbarkeit der Gaskraftwerke war, die die Volatilität von Sonne und Wind abpuffern half. Das billige russische Gas war die dunkle Seite der Energiewende, die reaktivierten Kohlekraftwerke kann man nicht wie ein Rodeo-Pferd reiten, da sträubt sich die Physik, was die Politik natürlich nur wenig interessiert. Es fällt also künftig eine entscheidende Regelgröße weg, was uns noch ein Stückchen dichter an Netzabschaltungen und einen Blackout bringen dürfte und die Industrie – oder das, was von ihr noch übrig ist – zu einer weiteren Kehrtwende zwingt. Diesmal in Richtung deutsche Außengrenze.

Gestern: raus aus Kohle und Atom, heute: raus

aus allem

Zurück ins Jahr 2019. Die Älteren werden sich erinnern an die Zeit, als Corona noch eine Biermarke und Putinverstehrer eine anerkannte politische Qualifikation war. Die energiehungrige Stahlbranche wagte den Aufbruch in die energiegewendete Postmoderne. Ein jeder springt halt so hoch und weit, wie er kann, wenn die Politik es gegen jede Realität verlangt – solange die Politik genug Steuergeld bereitstellt. Vorneweg sprang die Salzgitter AG, die ihre drei Hochöfen schrittweise auf „Low CO2 Steelmaking“ umstellen wollte und dafür in die Wasserstoffwirtschaft einzusteigen und aus der Nutzung von Kohle auszusteigen versprach. Auf der SALCOS-Projektseite drehen sich schon die Windrädchen in der Animation, und ein Artikel auf „EURACTIV“ vermeldete begeistert, dass es auf dem Werksgelände sogar schon eine 3D-Animation der geplanten Anlage gäbe. Die Revolution in der Stahlindustrie! CO2-Neutralität zum Greifen nahe!

Die Windräder für den Strom, den die Elektrolyse braucht, stellte die E.ON-Tochter Avacon auf, sieben insgesamt. Doch schaut man sich das Schaubild etwas genauer an und nicht nur auf die drehenden Windmühlen, fällt der süße kleine Tanklastwagen mit der Aufschrift „Linde“ auf, der jenen Wasserstoff anliefert, den die sieben Windräder gerade nicht durch Elektrolyse erzeugen können, weil die Anlagen zu klein sind oder der Wind gerade nicht weht. So ein Hochofen kennt ja keinen Wetterbericht und will es auch bei Flaute schön warm haben. Der „Grüne Wasserstoff“ soll also vor allem der moralischen Veredelung des fossilen dienen, welcher, wir ahnen es, großtechnisch aus Erdgas gewonnen wird. Der nennt sich dann „Türkiser Wasserstoff“, was uns nicht weiter kümmern muss, denn es gibt auch noch grauen, blauen, gelben oder pinken. In der energiewendegetriebenen Wasserstoffwirtschaft geht es mittlerweile bunt zu wie auf einer LGBTQIA-Flagge.

140 Windräder für drei Hochöfen

Die bei der Stahlerzeugung benötigten Mengen an wie auch immer „gefärbtem“ Wasserstoff sind jedoch interessant. EURACTIV wusste zu berichten, dass bei Salzgitter AG pro Stunde und Hochofen 80.000 Kubikmeter Wasserstoffgas erforderlich sind. Das entspräche einer Elektrolyseleistung von 330 MW. Kontinuierlich! Bedenkt man, dass die heute größten Onshore-Windkraftanlagen eine installierte Leistung von lediglich 5–7 MW haben, bräuchte man für alle drei Hochöfen der Salzgitter AG im Endausbau rein rechnerisch nicht sieben, sondern zwischen 140 und 200 Windkraft-Anlagen und natürlich eine ganzjährige 24/7-Starkwindgarantie, von der aber noch nicht klar ist, ob sie wie das 9-Euro-Ticket einfach politisch beschlossen oder durch Energieministergeschwätz geschaffen werden kann.

Das Gegenteil ist offenbar der Fall: Im letzten Jahr sank in Deutschland die Energiegewinnung aus Wind trotz Zubaus etwa auf den Stand von 2018.

Der Verweis auf den künftigen Import „Grünen Wasserstoffs“ aus den Niederlanden klang auf der SALCOS-Webseite leider auch wenig überzeugend, schließlich sind die Anlagen bei unseren Nachbarn noch nicht mal gebaut, und falls sie es eines Tages sind, dann sicher nicht nur zu dem einen Zweck, in Salzgitter drei Hochöfen zu betreiben.

Diese Meldung stammt nun, wie gesagt, aus 2019, und das Problem, an dem die Politik damals laborierte, hieß Kohleaus- und Gaseinstieg. Die Strompreise brachten die Firmen damals schon um den Schlaf, und viele energieintensive Betriebe hatten – in Vertrauen auf die politischen Versprechungen – ihre Prozesse gerade von Strom auf Erdgas umgestellt. Einerseits um der Kostenfalle Stromkosten und andererseits dem Damoklesschwert der Zwangsabschaltung bei Netzüberlastung als „Abwurflast“ gegen Entschädigung zu entgehen. Doch Entschädigungen schmelzen weder Aluminium noch Stahl, weshalb das SALCOS-Projekt eben die scheinbar richtige Antwort der Salzgitter AG auf die politische Vorgabe „Kohleausstieg“ war.

Wie es wohl heute um das Projekt bestellt ist?

Auf der Projektseite mit all den schönen Grafiken, salbungsvollen Worten und beeindruckenden Anglizismen findet sich jedenfalls, ganze drei Jahre später, kaum ein Wort über den Sachstand. Stattdessen wolkige Zeithorizonte und Inbetriebnahme-Ankündigungen für Versuchsanlagen im Westentaschenformat. Die nackten Fakten findet man – wie üblich in der staatsabhängigen Wirtschaft – erst im Kleingedruckten. In diesem Fall im Quartalsbericht 1/2022, wo es heißt: „SALCOS® – Salzgitter Low CO2 Steelmaking: Kurz vor Investitionsentscheidung im Aufsichtsrat“. Die verfügbare Energie der Wasserstoffwirtschaft taugt momentan also für kaum mehr als die Erwärmung von Luft und Gewissen, Eisenerz lässt sich damit nicht in Stahl verwandeln, und angesichts des sich gerade drehenden „Windes“ in Sachen Gas wird man bei der Salzgitter AG froh sein, noch keine Fakten geschaffen zu haben und weiter Stahl aus Eisen und Koks kochen zu können.

Was machen so kurzfristige politische Kehrtwenden wie die heutige und ihre vielen Vorgänger mit der Investitionsbereitschaft der Wirtschaft? Zumindest ist die Frage beantwortet, warum sich in Deutschland ohne vorher reichlich fließende Subventionen kaum noch ein Rad dreht. Der Energieminister Niedersachsens hat sich offenbar daran gewöhnt, denn er spricht davon, dass „wir Deutschen unsere Anreize brauchen“. Für die Salzgitter AG dürfte der Anreiz (den Förderbescheid hat Ministerin Svenja Schulze 2020 feierlich übergeben) derzeit kaum ausreichen, metallurgisch von der Klippe zu springen und dabei das Fliegen jenseits der Gesetze der Physik zu lernen.

Ein weiteres Merkmal der Denkfaulheit mancher Politiker ist die Fehleinschätzung der Wirkung der Signale, die sie bei all ihrem Problemlösungsaktionismus aussenden. Da wären die Drohungen und das Gejammer über die bösen Ölkonzerne, die gerade Kasse machten. Wie ist

denn die Lage, wenn man sie aus der Sicht von Shell, Esso oder BP betrachtet? Da ist dieses willkommene Argument, Putin treibe die Preise hoch, und gleichzeitig die Bekräftigung der Ankündigung der Politik, bald sei Schluss mit Benzin und Diesel. Macht man dann an der Zapfsäule einen Schlussverkauf und gibt satte Rabatte, oder sagt man sich „nimm mit, was du kriegen kannst, solange es noch geht“ und dreht an der Schraube, zumal die Politik die Schuld daran so wohlfeil und willkommen dem bösen Putin in die Schuhe schiebt? Investitionen bleiben aus, der perspektivisch schrumpfende Markt wird uninteressant, weil sein Ende durch politische Hybris in Sicht ist. Mit Moralkeulen kann man auch nichts mehr ausrichten, nachdem die Fossile Energie ohnehin unisono für den Untergang der Welt verantwortlich gemacht wird.

Fracking bleibt böse – zumindest daheim

Entscheidend wäre, die Energiequellen zu diversifizieren und technologieoffen Investitionen anzulocken. Und zwar vorgestern! Es geht nicht mal darum, dass die Ergebnisse sofort sichtbar werden, wie es Habeck erfolglos versuchte, als er in Katar auf den Knien lag.

Die Ankündigung, sichere Rechtsgrundlagen für Investitionen zu schaffen, rechtlich abzusichern und zu erhalten, wäre bereits die halbe Wirkung, auch auf die Preise. Stattdessen sowas hier vom Energieminister des deutschen Gaslandes Niedersachsen:

„Fracking in Sandgesteinsschichten machen wir seit Jahrzehnten, und das bleibt auch erst einmal so. Was wir nicht machen werden, ist Erdgasförderung aus Schiefergestein. Das lehne ich ab. Es hilft uns aktuell überhaupt nicht, weil es Jahre bräuchte – wir gehen von mindestens fünf bis sechs Jahren aus – bis wir die ersten Kubikmeter fördern könnten. Die Herausforderungen haben wir aber in diesem Winter. Und wenn wir so weit wären, würden wir mit dem Frackinggas das fossile Zeitalter unnötig verlängern. Und die Klimaziele mit Sicherheit nicht erreichen.“

Sandstein ja, Schiefer nein. Warum? Der Minister lehnt es ab, fertig! Von anderswo nehmen wir das Schiefer-Fracking-LNG aber gern, so wie wir auch Strom aus französischen Kernkraftwerken nehmen, solange wir dabei das Fähnlein der überlegenen Moral kräftig flattern lassen können. Und Lies dreht das Argument sogar noch um: Weil Investitionen in Schiefergas-Fracking uns JETZT nicht helfen, sondern erst in einigen Jahren, macht man es JETZT nicht und wird es folglich nie tun. Unsere Klimaziele erreichen wir so, aber nicht mit Sicherheit, sondern mit Unsicherheit. Oder wie es vielleicht die „Letzte Generation“ zusammenfassen würde: kein Strom, kein CO2-Problem!

So schnell geht es nicht

Nichts hat er begriffen, der Olaf Lies. Schon gar nicht, dass auch der

„turboschnelle Ausbau der Erneuerbaren“ uns nicht über den nächsten oder überhaupt einen Winter bringen kann. Zunächst deshalb, weil in vier oder sechs Monaten niemand die Wind- und Solaranlagen gebaut haben wird, ganz gleich, mit welchen Potenzfloskeln (aus der überkommenen Zeit der schnellen deutschen Verbrenner-Autos übrigens) dies gefordert wird. Die Monteure sind sowieso damit beschäftigt, die Gasheizungen im Land 20 Prozent effizienter zu machen, wie Lies es empfohlen hat und fördern möchte.

Spätestens dann aber, lieber Herr Lies, in einem Winter, wie ihn der gnädige Klimawandel (der Herr möge ihn segnen auf allen Wegen) verhindern möge, bekommen wir das, was Sie nicht sehen wollen: ein Stromproblem auf der Spitze des Gasproblems, bei dem uns die verbliebenen Kernkraftwerke sehr wohl hätten helfen können, wenn Sie und Ihre Partei sich nicht bis zum „Point Of No Return“ geweigert hätten, diese Hilfe in Betracht zu ziehen. Die Besitzer von Gasheizungen fangen dank Gasnotstand „Habeck Gelb“, exponentiell steigender Preise und der Realitätsferne der Politik nämlich bereits an, elektrische Heizlüfter zu kaufen. Da wird für die Netzstabilität gerade der Sicherungssplint aus einer Handgranate gezogen für den Fall, dass das Habeck-Gasometer auf „Rot“ springt. Dann wird die Dusche kürzer, kälter und dunkler, und die Pendler müssen sich dank des 9-Euro-Tickets im morgendlichen überfüllten Bus zur Arbeit mit Reibungswärme begnügen.

Dieser Artikel erschien zuerst auf unbesorgt.de.