

Was ist los in Dänemark?

geschrieben von Admin | 22. Juni 2022

Von Klaus Dieter Humpich

Was geschieht im schönen Dänemark, daß sich gleich zwei junge Unternehmen (Seaborg Technologies und Copenhagen Atomics) mit der Entwicklung von Kernreaktoren der Generation IV beschäftigen? War doch bisher für alle „Ökos“ Dänemark das Paradies für Windkraft und Bioenergie. Konnte man sich doch bisher einen schlanken ökologischen Fuß machen, da die Bevölkerung nicht einmal doppelt so groß ist wie die von Berlin und 76% der Arbeitnehmer in der Dienstleistung tätig sind und damit 79% des BIP erwirtschaften. Das bisschen Stahl für die Windmühlen, den Dünger für die intensive Landwirtschaft und die paar Autos konnte man sich bequem auf dem Weltmarkt zusammen kaufen. Die damit verbundenen Umweltbelastungen und der Energieverbrauch gehen halt auf das Konto der Erzeuger. Apropos Autos: Unsere grüne Verkehrssenatorin in Berlin bekommt immer leuchtende Augen, wenn sie von der „Fahrradstadt“ Kopenhagen schwärmt. Warum sollte man auch nicht in Kopenhagen Fahrrad fahren, ist doch annähernd so groß wie Bremen und genauso flach. Allerdings gibt es dort in der Innenstadt Hauptverkehrsachsen mit 3 Fahrspuren + 1 Busspur + 1 Fahrradspur. Nur die Fußgänger müssen sich etwas anpassen, da diese Magistralen nur mit zweimal grün zu überqueren sind. Schön sind auch die Nahverkehrszüge mit großen Fahrradabteilen. Trotzdem stehen die Pendler von und nach Kopenhagen (Großraum über 1,5 Millionen) täglich im Stau. Man kann eben nicht alles haben: Billige Wohnung und gut bezahlter Arbeitsplatz in Bullerbü geht nirgends auf der Welt.

In Dänemark ist aber ein weiteres dickes Ende abzusehen: Bereits heute wird schon oder erst – je nach Blickwinkel – die Hälfte der elektrischen Energie durch Windkraft erzeugt. Ein Netz mit so hohem fluktuierendem Anteil überhaupt am Laufen zu halten, geht nur mit der Wasserkraft in Norwegen, der Kernenergie in Schweden und der Kohle in Deutschland. Da aber alle „Ökos“ in Europa glauben, sie könnten ihre Stromlücken problemlos beim Nachbarn auffüllen, ist damit bald Schluß. Was bleibt, sind die hohen Stromkosten und wahrscheinliche Zwangsabschaltungen. Absehbar zeichnen sich die Grenzen des Wachstums der Windindustrie ab. Die immer größer werdenden Konflikte mit Umweltschützern und den belästigten Anwohnern haben die Schlangenölvverkäufer bereits auf die Nord- und Ostsee hinausgetrieben. In einem in der Menschheitsgeschichte bisher nie da gewesenen Ausmaß und Tempo wird das Meer industrialisiert. Es ist halt wie mit den Schornsteinen der frühen Industrialisierung: Einige wenige waren ein willkommenes Fortschrittssymbol, aber ab einem gewissen Ausmaß zeichnete sich der Fluch der Luftverschmutzung ab. Einige wenige „Vogelschredder“ steckt die Natur locker weg, aber eine voll gepflasterte Nordsee wird zur ökologischen Katastrophe für Fauna und Flora. Wer gegenteiliges behauptet, ist ein Ignorant und hat nichts

aus der Technikgeschichte gelernt.

Klein und smart passt gut zusammen

Es ist kein Zufall, daß sich gerade die dünner besiedelten Staaten für kleine und „moderne“ Reaktoren interessieren:

- Ihre (lokalen) Netze sind meist zu klein, um konventionelle Reaktoren wirtschaftlich betreiben zu können.
- Sie verfügen über keine Schwerindustrie, die die erforderlichen großen Bauteile (z. B. Reaktordruckbehälter) herstellen kann. Es sind deshalb besonders „drucklose“ Konzepte von Interesse.
- Sie verfügen über zahlreiche kleine fossile Kraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung (Fernwärme, Industriebetriebe) die ersetzt werden müssen.
- Dänemark verfügt über eine beachtliche Flotte großer Containerschiffe (Maersk) für die neue Antriebskonzepte gefunden werden müssen (synthetische Brennstoffe und/oder nuklear).
- Die skandinavischen Länder betreiben seit Jahrzehnten Leichtwasserreaktoren, die bereits eine Menge abgebrannter Brennelemente angehäuft haben – aber zu wenig für eine konventionelle Wiederaufbereitung. Die derzeitige Lösung, der dauerhaften unterirdischer Zwischenlagerung in Bergwerken, schreit förmlich nach neuen Ansätzen.

Geht man von diesen Rahmenbedingungen aus, ist es nicht verwunderlich, daß sich gleich zwei Unternehmen mit der Entwicklung von Reaktoren mit Salzschnmelzen beschäftigen.

Salzschnmelze-Reaktoren

Wenn man geeignete Salze auf einige hundert Grad erhitzt, werden sie flüssig wie Wasser. Andererseits sind sie dann noch weit entfernt zu verdampfen und damit Druck aufzubauen. Mit einfachen Worten: Man kann einen Reaktor bauen, der beachtliche Temperaturen (bis etwa 700°C) bereitstellt und trotzdem nahezu drucklos bleibt. Wenn man nun Salze aus Uran, Thorium, Plutonium und Minoren Aktinoiden (das sind die, die eine so langfristige Lagerung des Atommülls erforderlich machen) bildet und unter die Salzlösung mischt, erhält man einen Brennstoff, der gleichzeitig der Wärmeträger ist. Also anders als bei konventionellen Reaktoren, wo fester Brennstoff in Hüllrohre verpackt, mit Wasser, Natrium etc. zur Kühlung umgeben wird. Beide Konstruktionsweisen haben spezifische Vor- und Nachteile, die hier nicht näher diskutiert werden. – wie immer in der Technik, wo es grundsätzlich nur Optima gibt und nicht (nur) das Gute oder Schlechte. Selbst wenn man die Reaktortechnik auf Salzschnmelzen einengt, ergeben sich noch dutzende verschiedene Konstruktionen. Es empfiehlt sich daher, vorab Gedanken zu machen, welche Anwendungen man anstrebt.

Die Gemeinsamkeiten der Dänen

Sowohl Seaborg, wie auch Copenhagen Atomics streben langfristig eine Serienproduktion an. Dafür müssen die Reaktoren so klein (Gewicht und Abmessungen) sein, daß sie sich komplett fertigen und transportieren lassen. Seaborg will sie auf Barges in Werften installieren und anschließend betriebsbereit über den Wasserweg zum Verbraucher schleppen. Copenhagen Atomics geht noch einen Schritt weiter und will die komplette Anlage mit Pumpen, Wärmeübertragern und allem notwendigen Zubehör in einen handelsüblichen 40-Fuß-Container einbauen. Es geht also in die Richtung „Autofabrik“ und weit weg von der verfahrenstechnischen Großbaustelle heutiger Kernkraftwerke. Das kann die Kosten senken und vor allem ganz neue Märkte erschließen: Seit dem Krieg gegen die Ukraine wird auch hier breiten Schichten die Bedeutung von „Wärme“ und nicht nur elektrischer Energie für eine Industriegesellschaft bewußt. Es gibt einen riesigen Bedarf für Wärme mit „ein paar hundert Grad“ z. B. in der chemischen und verarbeitenden Industrie. Man stelle sich einmal vor, man könnte die tausende Kessel ($< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$), die überwiegend aus teurem Erdgas und Heizöl nur Warmwasser und Dampf für die Produktion herstellen, durch „Nukleare Container“ ersetzen. Angeliefert und aufgestellt in wenigen Tagen, gemietet und betreut (die Reaktoren laufen voll automatisch) von Service Unternehmen, die für ein paar Cent die erforderliche Wärme bereitstellen. Welch verlockende Perspektive gegenüber dem irren Umweg aus „Grünem Wasserstoff“ Niedertemperaturwärme machen zu wollen.

Es gibt aber noch ein weiteres Anwendungsfeld, das sich Laien nicht so ohne weiteres erschließt, aber Reedern unter den Nägeln brennt: Seeschiffe geraten durch strengere Umweltschutzvorschriften und explodierende Treibstoffpreise immer mehr unter Druck. Langfristig bleibt nur der nukleare Antrieb als Ausweg, wenn man „fossil“ nicht mehr will. Egal ob bei großen Schiffen durch Reaktoren an Bord oder durch voll elektrischen Antrieb bei kleineren Schiffen mit „nuklearen Tankstellen“ auf dem Meer. Viele Reeder setzen auch auf Ammoniak als Treibstoff. Diesen Sektor hat auch Copenhagen Atomics in seinen Überlegungen.

Salzschmelze, zwei Fliegen mit einer Klappe?

Wenn man auf der Basis von Thorium arbeitet, erschließt man sich einen neuen Brennstoff, der noch viel häufiger als Uran vorkommt und zur Zeit schlicht weg Abfall (z. B. bei der Gewinnung seltener Erden) ist. Thorium erzeugt im Gegensatz zum Uranzyklus heutiger Leichtwasserreaktoren praktisch keinen langlebigen Atommüll (Plutonium-Isotopen, Minore Aktinoide). Im Gegenteil, man kann mit ihnen den Reaktor starten und sie so gewinnbringend vernichten. Copenhagen Atomics bezeichnet ihren Reaktor deshalb auch als „Waste Burner“. Gestartet wird der Reaktor mit einem Gemisch aus Thoriumfluorid und Plutoniumfluorid. So wie sich das Plutonium aufbraucht, wird gleichzeitig aus dem Thorium

spaltbares Uran-233 „erbrütet“. Wichtig dabei ist, daß man – anders als für Mischoxid-Brennelemente für Leichtwasserreaktoren – kein möglichst reines Plutonium benötigt, sondern es kann durchaus mit Spaltprodukten verunreinigt sein (Proliferation) und soll sogar alle Minoren Aktinoide mit umfassen. Man kommt so zu wesentlich einfacheren Aufbereitungsverfahren für den zwischengelagerten „Atommüll“. Angestrebt sind hier eher reine (kurzlebige) Spaltprodukte, die einfach endgelagert werden können – kleine Menge (< 5%) und kurze Zerfallszeiten, die schnell zu schwach strahlendem „Restmüll“ führen. Ist der Gleichgewichtszustand erreicht, wird nur noch Thorium verbraucht.

Arbeiten wie bei Rickover

Man kann es sich heute gar nicht mehr vorstellen: Das erste Atom-U-Boot überhaupt, die USS Nautilus, wurde in nur fünf Jahren „erfunden“ und gebaut – und das mit den Hilfsmitteln der frühen 1950er Jahre. Dies war nur durch einen ingenieurtechnisch streng pragmatischen Ansatz möglich. An diese Vorgehensweise fühlt man sich bei Copenhagen Atomics erinnert. Werkstoffprobleme (Korrosion in heißem Salz) werden durch Tests gelöst. Zu diesem Zweck hat man sich eigene Prüfstände entwickelt, in denen vollautomatisch verschiedene Salzmischungen und (handelsübliche) Werkstoffe unter Betriebsbedingungen untersucht werden. Nicht „kaufbare“ Komponenten, wie z. B. die Umwälzpumpen sind selbst entwickelt und getestet worden. Das Gleiche betrifft die gesamte Instrumentierung und die notwendige Regelung. Salzmischungen in der erforderlichen Reinheit sind zumindest nicht in den erforderlichen Mengen zu kaufen. Deshalb wurde eine eigene Salzproduktion aufgebaut. Man ist jetzt an dem Punkt angekommen, einen „nicht nuklearen“ Reaktor in Originalgröße in Betrieb zu nehmen und damit Dauertests durchzuführen zu können.

Die Philosophie dahinter ist, nicht Unmengen von Papier und Berechnungen zu produzieren, mit denen man zu einer Genehmigungsbehörde geht und jahrelange theoretische Diskussionen führt, bis endlich mal etwas gebaut wird. Sondern ein konkretes Objekt vorzuzeigen und damit in den Genehmigungsprozess einzusteigen – quasi den Spieß umzudrehen. Was augenscheinlich funktioniert, muß mit starken Argumenten sicherheitstechnisch entkräftet oder eben zugelassen werden. Heute ist es eher üblich, bei theoretischen Diskussionen für jedes gelöste Problem drei neue aufzuwerfen. So kommt es, daß bei allen SMR-Projekten dreistellige Millionenbeträge der Investoren verbrannt sind, bevor der erste Spatenstich erfolgt. Das ist auch nicht verwunderlich, wenn man Genehmigungsverfahren als Stundenlohnarbeiten durchführt.

Bauen, statt nur Papier zu produzieren, hat noch einen weiteren Vorteil. So ist es Copenhagen Atomics gelungen, Gerätschaften die sie für den eigenen Reaktor entwickelt haben, bereits an andere Unternehmen und Forschungseinrichtungen zu verkaufen. Dies generiert nicht nur Umsatz während der Entwicklungsphase, sondern ermöglicht ganz natürlich die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Darüberhinaus wird so sehr schnell aus einem Startup eine Marke.

Der schwierige Übergang in die nukleare Phase

An diesem Beispiel zeigt sich, in welcher fatale Lage sich Europa selbst gebracht hat. Es mangelt nicht an klugen Köpfen, die sich für Kerntechnik begeistern. Immer mehr junge Leute gehen wieder den anspruchsvollen Weg eines Studiums der Kerntechnik. Das Bild von einer Jugend der „Freitagshüpfer“, die irgendwas aus den Weiten der „Genderwissenschaften“, dem „Klimaschutz“ oder sonstigen „Geschwätzwissenschaften“ studieren, um möglichst schnell eine Stellung im Staatsdienst zu ergattern, ist eine Erfindung der (meisten) Medien. Es wäre auch genug privates Kapital vorhanden, trotz aller Subventionen für „Grüne Technik“. Es klemmt heute an ganz anderen Dingen.

Ein Extrembeispiel ist Deutschland. Hier wäre ein Genehmigungsverfahren neuer Reaktoren gar nicht mehr möglich. Was ist, wenn Plan A, wir machen alles mit Wind, Sonne und Erdgas einfach nicht funktioniert? Wie lange glaubt man die Bevölkerung noch auf Kurs halten zu können, wenn die Energiepreise weiter steigen und Massenarbeitslosigkeit die Folge wird? Seit Minister Trittin hat man die deutschen Fachbehörden systematisch ruiniert, indem man frei werdende Stellen stets nach ideologischer Grundhaltung besetzt hat. Man hat sogar – im Gegensatz zu unseren Nachbarn – alles, was irgendwie nach Kerntechnik aussieht, an den Universitäten „auslaufen“ lassen. Was nicht sein darf, kann auch nicht sein.

Wie wird man in Dänemark reagieren, wenn im nächsten Schritt mit radioaktiven Stoffen gearbeitet werden müsste? Welche Behörden haben den Willen und die Fähigkeiten den Bau eines „Forschungsreaktors“ zu genehmigen und zu begleiten? Wahrscheinlich wird dieses Projekt, wie viele andere, Europa Richtung USA oder Asien verlassen müssen. Europa ist in Fragen von Wissenschaft und Technik zu einem mittelalterlichen Kirchenstaat verkommen. Erforscht oder gar gebaut werden darf nur noch, was das Wohlgefallen der „geistigen Obrigkeit“ findet.

Der Beitrag erschien zuerst auf der Webseite des Autors [hier](#)