

# Die im deutschsprachigen Raum unpopuläre, jedoch einzig real umsetzbare Lösung

**Warum ein Marschhalt notwendig ist und die Diskussion über die reale Alternative „Kernkraft“ sachlich aufgenommen werden muss.**

## 1. Versorgungssicherheit:

Die Qualitäts-Messlatte für die Versorgungssicherheit ist jeden Bruchteil der Sekunde, 24 Stunden im Tag, 365 Tage im Jahr Strom liefern zu können. Da man Strom nicht einfach zwischengelagern kann, und der «Transport» in Lichtgeschwindigkeit abläuft, muss in einem stabilen Versorgungsnetz konsequenterweise zu jedem Bruchteil einer Sekunde ein Gleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch herrschen.

Die laufende Energiestrategie war in ihrer Entstehung und ist auch in ihrer Umsetzung von zwei Kernelementen getrieben: Erstens ist sie ideologisch begründet – der Sachverstand bleibt auf der Strecke. Zweitens wird sie rollend durch unzählige Gefälligkeitsstudien und -gutachten alimentiert. Die Energiestrategie setzt primär auf den Ersatz der bestehenden Nuklearkapazitäten durch Solaranlagen (PV). Auch der zunehmende Bedarf an Elektrizität soll primär durch PV Technik gedeckt werden.

## 2. Speicherthematik, warum ging dieses zentrale Element vergessen?

Völlig vernachlässigt in der laufenden Planung wird dabei die Speicherthematik. PV ist abhängig von Tageszeit, Witterung und Saison. Rund 70% der PV Jahresproduktion fallen in der Schweiz im Sommerhalbjahr an, während der Stromverbrauch sich gegenteilig verhält (Abb. 1 & 2)

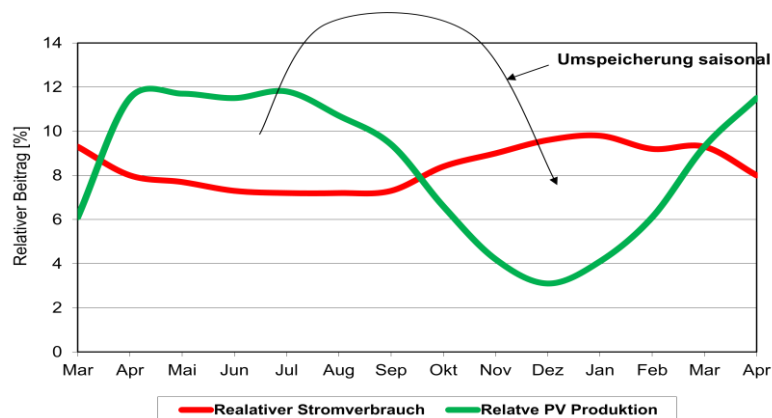


Abbildung 1: Relative monatliche PV Produktion gegenüber relativem Verbrauch, **Notwendigkeit der saisonalen Speicherung!**

Unter der Annahme, dass der bestehende CH-Nuklearpark durch PV Strom gleicher Versorgungsqualität ersetzt werden muss, haben wir berechnet, dass neben der Kurzzeitspeicherung rund 13.8 TWh saisonal (d.h. von Sommer auf Winter) zwischengespeichert werden müssen. Dies würde einer Energie- Speicherkapazität (Produkt aus Höhendifferenz mal Speichervolumen) von rund sieben Anlagen der Grösse der Stauanlage „Grande Dixence“ entsprechen. Doch Wasserspeicher, welche das Betriebskonzept einer saisonalen Speicherung erfüllen, gibt es in der Schweiz nicht. Sie

müssten also neu gebaut werden. Im Zeitfenster der Zielvorgaben, dürfte schon das nicht möglich sein. Doch in erster Linie stellt sich die Frage, wo freie Bergregionen dieser Grössenordnung in der Schweiz überhaupt noch zur Verfügung stehen würden.

#### Mechanismus der saisonalen Pumpspeicherung für die Glättung der Stromproduktion aus PV- Anlagen:

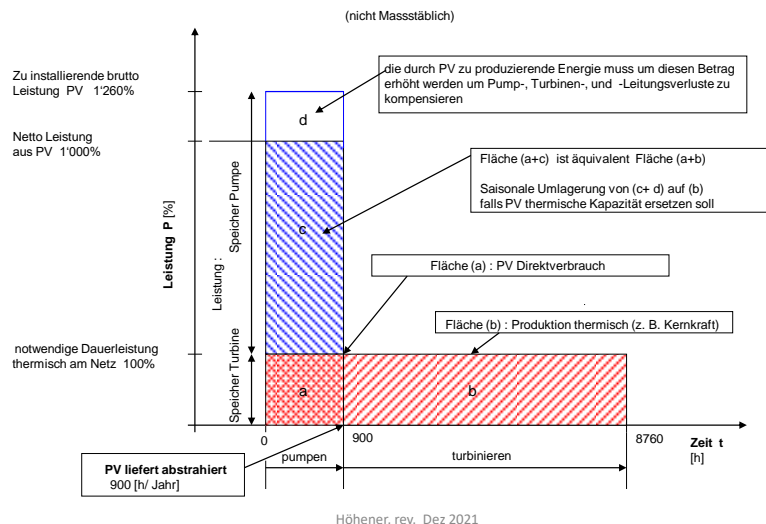


Abbildung 2: Mechanismus der saisonalen Hydro- Speicherung

Die Politik will uns immer wieder weismachen, dass der mit der Umsetzung der laufenden Energiestrategie eingeschlagene Weg nicht nur ökologisch optimal sei, sondern auch im Vergleich zu thermischen Alternativen äusserst kostengünstig sei. Hervorgehoben wird durch die Solarlobby jeweils ein Vergleich mit Kernkraftwerken, wo letztere kostenmässig besonders schlecht dargestellt werden.

### 3.Kostenfrage: Umsetzung der laufenden Strategie gegenüber der Nuklear- Option

Im Carnot-Cournot-Netzwerk (CCN) haben wir in den vergangenen Wochen aufgrund neuester Informationen die Kostenstrukturen für PV inkl. deren Subsysteme (jedoch ohne Berücksichtigung des notwendigen Ausbaus des Leitungsnetzes), sowie für neue Nuklearanlagen einmal mehr sorgfältig durchgerechnet. Dabei haben wir die Bandbreiten der zu treffenden Annahmen kritisch analysiert und diese in die Berechnungen miteinbezogen. Zusammenfassend haben wir folgende Investitions-Kostenverhältnisse berechnet:

1. Kosten PV System gegenüber Nukleartechnik Generation III: 712 %
2. Kosten PV System gegenüber modularisierter Nukleartechnik Generation IV: 1070 %
3. Kosten PV System gegenüber europäischer Nukleartechnik Generation III: 430 %

Bemerkenswerte Zahlen, besonders auch der Wert unter Punkt 3. Herr und Frau Schweizer werden mit diesen „ewigen“ Europäischen Baustellen wie Hinkley Point in Grossbritannien und Olkiluoto in Finnland als Inbegriff der horrenden Kosten der Nuklearenergie doch „vorgeführt“. Unsere Berechnungen basieren auf den aktuellen Kostenabschätzungen dieser Projekte und zeigen, dass selbst diese deutlich kostengünstiger dastehen als eine äquivalente PV Lösung. Wohlverstanden, geht es hier um die Abschätzung von Grössenordnungen. Auch wenn wir annehmen, mit unseren Berechnungen um +/- 20 % falsch zu liegen – der markant höhere Kostensatz der PV Technologie bleibt.

In einem kürzlich publizierten Interview hat sich der CEO der AXPO in Widersprüche verstrickt. Nuklearenergie soll gemäss seinen Aussagen teuer sein, Photovoltaik jedoch nur realisierbar, wenn auf Jahre hinaus massive Subventionen zugesichert werden. Wo bleibt da die Logik? Die Konsequenzen aus dem forcierten Ausbau der teuren PV System- Technik sollen vom Subventionsgeber, sprich Steuerzahler und Stromkonsumenten getragen werden. Und wie bereits erwähnt, die offiziellen Energiestrategie-Befürworter drücken sich um das Thema Zwischenspeicherung. Eine gigantische Herausforderung und ein gewaltiger Kostenfaktor, der zusätzlicher, noch nie genannter Subventionen bedarf. Konventionelle thermische Kraftwerke, besonders auch Kernkraftwerke brauchen weder Zwischenspeicher noch markante neue Leitungssysteme.

#### **4. Dekarbonisierung des Individual- Verkehrs:**

Nehmen wir an, dass im Zeitfenster bis 2050 der motorisierte Individualverkehr zu 100% elektrisch betrieben werden soll, so verschärft sich der Bedarf an saisonalen Speicherkapazitäten drastisch. Ausgehend von früheren Berechnungen, welche wir im Oktober 2020 im Zusammenhang mit e-Mobilität durchgeführt haben, errechnen wir einen zusätzlichen Bedarf an Hydro-Speicherkapazität in der Grössenordnung von 12-mal „Grande Dixence“. Diese Zahlen zeigen, dass nicht nur die Kosten der laufenden Energiestrategie ausufern, sondern, dass dies auch rein physisch nicht realisierbar ist. Ein Marschhalt und Umdenken ist dringend. Ökonomisch und physisch machbare Lösungen liegen auf dem Tisch. Lösungen, welche zudem auch aus ökologischer Optik sehr gut dastehen: Nuklearenergie neuester Technologie.

#### **5. Alternative Lösungsansätze:**

Wie vorangehend bereits aufgezeigt wurde, ist ein Stromversorgungssystem primär basierend auf PV Technik (und etwas Wind) physisch real kaum umsetzbar und finanziell eine gewaltige Belastung. Eine Abwägung von alternativen Lösungsansätzen wäre:

1. Weiterer Ausbau der Wasserkraft: Die Schweiz ist hydraulisch weitgehend ausgebaut. Zusätzliche reale Ausbaupotentiale – d.h. unter Berücksichtigung von Auflagen, wie Landschaftsschutz, etc. - gibt es wenige. Allenfalls lassen sich bestenfalls noch Potentiale in der Grössenordnung von 2 TWh pro Jahr realisieren.
2. Fossil thermische Kapazitäten können aufgrund der Zielsetzungen bezüglich CO<sub>2</sub> Reduktion nicht ernsthaft in Betracht gezogen werden. Dennoch wurde in jüngster Zeit wieder die Gaskraftwerkoption in die Diskussion geworfen. Neben der CO<sub>2</sub> - Frage gibt es dazu noch zwei weitere Herausforderungen: Man ersetzt die kritische zukünftige Stromimportfrage durch eine sehr wahrscheinlich noch kritischere Gasimportfrage im Winter, woraus sich auch die Notwendigkeit für ein saisonales Gaslager innerhalb der CH Grenzen ableitet.
3. Kernenergie: Moderne Konzepte der Generation IV stehen zur Verfügung. Die Produktion mittels Kernenergie ist zuverlässig und planbar, dank der hohen Energiedichte des Brennstoffs lassen sich grosse Mengen problemlos im Land lagern. Kernenergie hat auch den geringsten anrechenbaren Anteil an CO<sub>2</sub>, pro Leistungseinheit, rund 10% eines Systems beruhend auf PV Technik.

Käme noch die Dekarbonisierung des Nutzfahrzeug- Verkehrs, dazu müssten zusätzliche 22'000 MWe an PV Leistung installiert werden, oder 2'000 MWe an thermischer Leistung. Letzteres erfordert keine zusätzliche Speicherkapazität, sondern den Bau von Synthesegas /- Treibstoff Anlagen da Batteriebetrieb (Gewicht) für Nutzfahrzeuge kaum wirtschaftlich sein kann.

## 6. Moderne Kernkraftwerke:

Eine Folgerung aus der vorliegenden Analyse ist die, dass der weitere Ausbau einer zukünftigen, verlässlichen, ökonomisch vertretbaren und auch ökologischen Stromversorgung primär auf der Basis von modernen Kernkraftwerken durchgeführt werden muss. Auf der Zeitachse betrachtet, kommen für einen möglichen Aufbau eines neuen Nuklear-Kraftwerkparks vernünftigerweise nur Reaktoren der Generation IV in Frage.

Um die Jahrhundertwende hat sich ein internationaler Forschungsverbund zusammengefunden, welcher die Eckdaten der Entwicklung zu einer neuen Generation von Kernkraftwerken spezifiziert hat, die Generation IV:

- Wirtschaftlichkeit: Geringe Lebenszykluskosten gegenüber anderen Energieformen. Direkte Nutzung auch für Prozessanwendungen wie synthetische Brenn- / Treibstoffe inkl. Wasserstoffherstellung.
- Sicherheit: „Inherently Safe“, d. h. Reaktorschaden sind unwahrscheinlich, eine Kernschmelze ist physikalisch gar nicht möglich, was eine externe Notkühlung erübrigt. Zudem sind solche Anlagen unattraktiv für die missbräuchliche Herstellung von spaltbarem Material, eine Uran Anreicherung ist nicht nötig, sie funktionieren auch mit Thorium.
- Nachhaltigkeit: Möglichst effiziente Nutzung der Kernbrennstoffe, Nutzung von Thorium und auch Plutonium aus den zu entsorgenden Nuklearwaffen, Verwertung von Radioaktiven Abfällen (d. h. besonders „abgebranntes“ Material aus bisherigen Druck- und Siedewasser Reaktoren der Gen. II / III), Möglichst nur Abfälle mit geringer Halbwertszeit.

Unter den oben genannten Rahmenbedingungen fokussiert sich die Fachwelt auf sechs verschiedene Entwicklungsrichtungen:

1. Natrium gekühlte schnelle Reaktoren (SFR)
2. Blei gekühlte schnelle Reaktoren (LFR)
3. Gasgekühlte schnelle Reaktoren (GFR)
4. Hochtemperatur Reaktoren (VHTR)
5. Überkritische Wasserreaktoren (SCWR)
6. Flüssigsalz Reaktoren (MSR)

Im eigentlichen Sinne „neu“ sind einige der oben aufgeführten Konzepte nicht. So wurde bereits 1954 ein Versuchsreaktor vom Typ MSR („molten salt reactor“) in den USA in Betrieb genommen, welcher durch ein Forscherteam finanziert durch die Luftwaffe entwickelt wurde. Die Idee dahinter war, leichte Reaktoren zum Antrieb von Flugzeugen zu bauen. In den 1980-er Jahren wurde bereits ein Versuchs- Reaktor vom Typ VHTR („very high temperature reactor) in Jülich (D) in Betrieb genommen, leider war Ende der 1980-er Jahre Versuchsabbruch.

Die Dekarbonisierung des Individualverkehrs würde die zusätzliche Installation von 77'000 MWe PV Leistung (und folglich auch die erforderliche Speicherkapazität) erfordern oder alternativ 6'800 MWe an thermischer Leistung . Käme noch die Dekarbonisierung des

Zusätzlich sind einige neue Ideen / Ansätze dazu gekommen, wie die Konzepte „dual fluid reactor“ (DFR) oder der Thorium Reaktor nach Professor Carlo Rubbia (eine Sonderform eines MSR Reaktors).

Auf Details der genannten Entwicklungslinien einzugehen, würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Inzwischen sind jedoch die ersten Kernkraftwerke nach den oben skizzierten Prinzipien für die Generation IV gebaut worden und bereits im kommerziellen Betrieb. Ich will nachstehend auf diese Entwicklungen, wie auch auf die besonders interessante MSR Technologie fokussieren.

### Schneller Brüter:

Im Jahr 2014 kam in Russland der Schnelle Brüter vom Typ BN-800 in Probebetrieb, seit 2015 ist die Anlage mit voller Leistung am Netz. Es handelt sich dabei weltweit um den ersten Reaktor der Generation IV, der in kommerziellem Betrieb ist.

„Schnelle Brüter“ zeichnen sich dadurch aus, dass diese mit Natururan U-238 betrieben werden, d. h. es ist keine Urananreicherung mit dem Isotop U-235 notwendig. Allerdings ist zum Erreichen eines kritischen Zustandes, also zum aufstarten, U-235 (oder Plutonium) notwendig. Mit dem Schnellen Brüter Verfahren werden die Uran Vorräte wesentlich effizienter genutzt, zudem gibt es für Natururan U-238 ausser in diesem Verfahren kaum Nutzenanwendungen.

Das Schnelle Brüter Verfahren funktioniert auch mit Thorium (Th-232), was insofern von Interesse ist, als Thorium Vorkommen diejenigen des Urans um ein Vielfaches übersteigen.

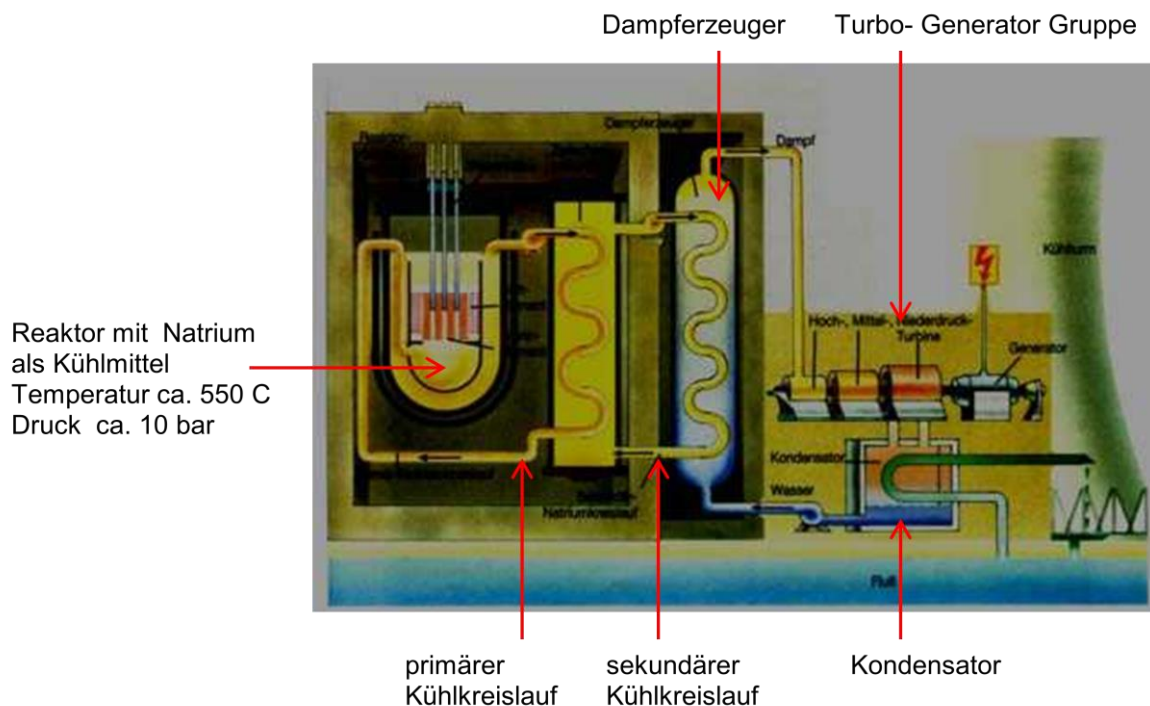


Abbildung 3: Aufbau eines „schnellen Brüter“ Kernkraftwerk (Wikipedia)

Schnelle Brüter verwenden Flüssigmetalle als Kühlmittel, durchgesetzt hat sich Natrium (Abb 3). Aus Sicherheitsgründen wird dem primären Natrium- Kühlkreislauf ein sekundärer Natrium Kreislauf nachgeschaltet, der in einem Verdampfer den Prozessdampf zum Betrieb einer Dampfturbinen- Generator Gruppe erzeugt.

## Hochtemperatur Kugelhaufen Reaktor:

Im laufenden Jahr ist in China die erste 200 MWe Kernkraftanlage nach der HTR-PM Technologie in Shidao Wan an der Ostspitze der Halbinsel Shandong ans Netz gegangen (Abb. 4). HTR-PM steht für "High Temperature Reactor - Pebble Bed Modular Design" eine Entwicklung von INET (Institute for Nuclear and New Energy Technology), einer Division der Tsinghua Universität in Beijing. Seit 2002 ist im INET Campus "Changping" (nordwestlich von Beijing) der HTR10 Forschungs- und Testreaktor in Betrieb. Die Erfahrungen mit diesem Reaktor sind in den HTR-PM eingeflossen. Die Forschung und Entwicklung für diesen neuen Reaktortyp fokussiert auf folgende Punkte:

- Entwicklung eines Helium gekühlten Hochtemperatur- Reaktors.
- Brennstoffmaterial Technologie, insbesondere die Herstellung der keramisch beschichteten Brennstoff- Kugeln.
- Materialtechnologie für Reaktor und Dampferzeuger, geeignet für den Umgang mit Helium hoher Temperatur (750 C bis 1'300 C) und hohen Drucks (70 bar)
- Herstellbarkeit der Schlüsselkomponenten mit Rücksicht auf Bearbeitung und Transportfähigkeit (daher resultiert das modulare Design).

HTR-PM Reaktor und Dampferzeuger

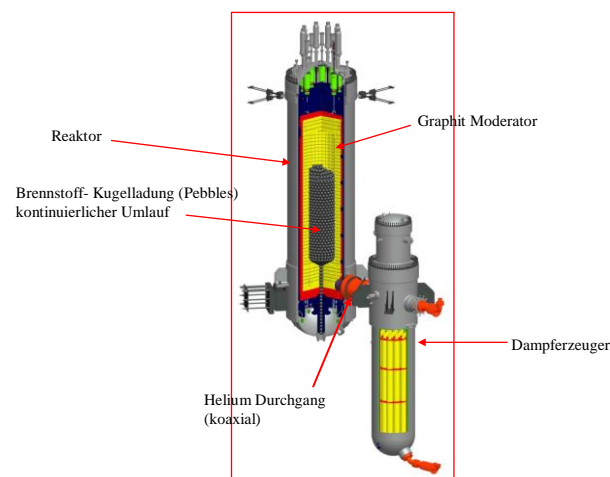


Abbildung 4: Aufbau HTR-PM Reaktor und Dampferzeuger (Quelle INET)

Die HTR-PM Technologie arbeitet mit überhitztem Dampf. Somit liegt der thermische Wirkungsgrad einer HTR-PM Anlage im Bereich von 50 %, d.h. rund 65% höher als die gegenwärtigen Schweizerischen Kernkraftwerke.

Bei den bisherigen Kernkraftwerken, welche mit Leichtwasser- Reaktoren bestückt sind, wird deren Brennstoffladung bei regulären Unterhaltsintervallen erneuert und verbleibt so bis zum nächsten Unterhalt im Reaktor. Beim Kugelhaufen Reaktor (Pebble Bed) sind Brennstoffkugeln (Abb. 5) im kontinuierlichen Durchlauf, nach Verlassen des Reaktors werden diese auf ihren Zustand geprüft, abgebrannte Elemente ausgeschieden und neue werden dem Kreislauf zugeführt.

Interessant ist auch der modulare Aufbau des HTR-PM Konzeptes. Bei den bisher üblichen Leichtwasser-Reaktoren wurden transportfähige Einzelteile an die Baustellen geliefert und die Montage erfolgte individuell vor Ort.

Beim HTR-PM werden Kernkomponenten wie Reaktor, Verbindungselement und Dampferzeuger industriell in einem Werk gefertigt, montiert und geprüft und als Einheit an eine Baustelle geliefert. Die Grösse der einbaufertigen Komponenten richtet sich nach der Transportfähigkeit. Diese gibt Einschränkungen bezüglich Dimensionen und Gewicht, weshalb die HTR-PM Konfiguration so aufgebaut ist, dass zwei bis sechs Reaktoren ringförmig um den Verdampfer angeordnet, einen Verdampfer bedienen können. Leistungen zwischen 200 MWe und 600 MWe sind so realisierbar. Zudem bringt diese Konstruktion weitere Vorteile: Sicherheit durch die industrielle Qualitätskontrolle und Kostenkontrolle durch den „economy of scale“ Effekt dank serienmässiger industrieller Produktion standardisierter Komponenten.

Das „Pebble“ Brennstoffelement

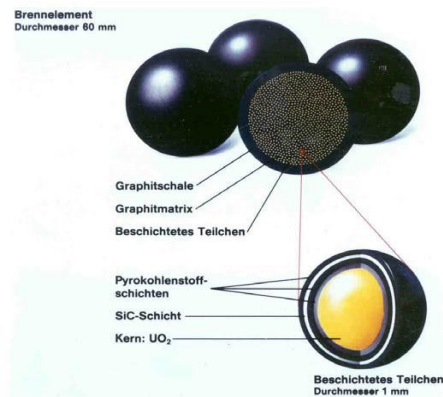


Abbildung 5 (Quelle: INET)

Eine weitere fortschrittliche Eigenschaft der HTR-PM Technologie liegt jedoch im Bereich der nuklearen Sicherheit: Eine Kernschmelze ist praktisch nicht möglich! Daher bezeichnet INET diese Technologie auch "inherently safe" (Abb. 6) .

Demonstration der Reaktorsicherheit: Abschalten der Kühlung  
Versuch am HTR10

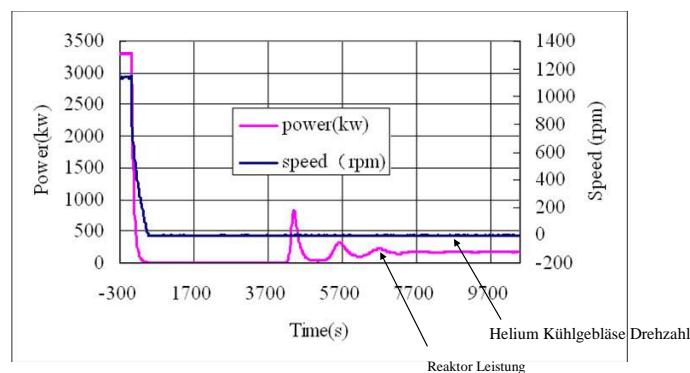


Abbildung 6 (Quelle: INET)

Selbstverständlich bringt diese neue Technologie noch weitere sehr fortschrittliche Eigenschaften mit sich, deren Aufzählung und Begründung würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen. Anzuführen ist jedoch, dass China die Anwendung der HTR-PM Technologie nicht nur in der Stromerzeugung sieht, sondern auch für chemische Syntheseprozesse wie beispielsweise Wasserstoffherstellung oder Meerwasser-Entsalzungsanlagen.

### Flüssigsalz Reaktoren (MSR):

### Flüssigsalz Reaktoren (MSR):

Das physikalische Prinzip des „Molten Salt Reactors“ ist sehr einfach. Ein mit Bohrungen versehener Graphit- Zylinder wird von einer Uransalzlösung durchflossen. In der Schmelze findet zugleich die Kernspaltung statt als auch der Abtransport der entstandenen Wärmeenergie. Eine Pumpe sorgt dafür, dass diese kontinuierliche Umwälzung stattfindet. So kann auch eine kontinuierliche Auffrischung / Nachladung der Schmelze mit spaltbarem Material stattfinden (Abb 7).

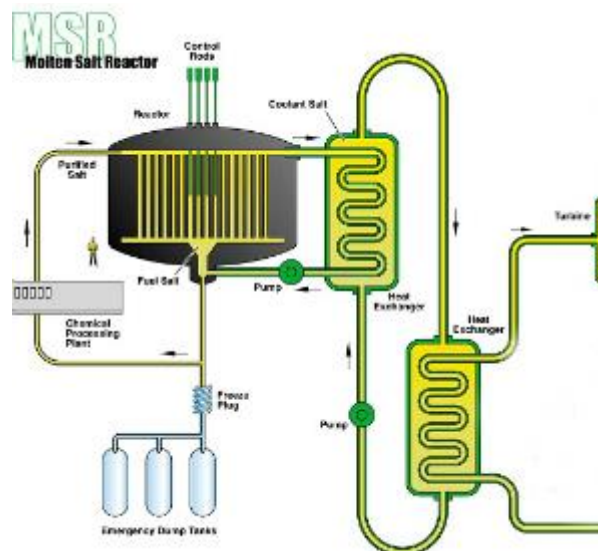


Abbildung 7: Konfiguration eines Flüssigsalz Reaktors (Wikipedia)

Die Vorteile des Konzepts sind folgende:

- Hohe Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie.
- Abgebrannte Brennstäbe aus bisherigen Leichtwasser Reaktoren können weiter als Brennstoff für MSR Reaktoren verwendet werden (Reduktion der stark strahlenden Rückstände um den Faktor 1'000 \*).
- Der Reaktor arbeitet bei Umgebungsdruck (geringe Gefahr bei allfälligen Leckagen).
- Die Temperatur im Reaktor, um 650 C ermöglicht einen hohen Wirkungsgrad der Anlage.
- Der Reaktion verläuft sehr sicher, die Sicherung gegen eine Überhitzung ist verblüffend einfach: Unten am Reaktor befindet sich ein Abfluss, welcher mit einem gekühlten Salzpfropfen verstopft ist. Fällt die Kühlung aus und erhitzt sich die Schmelze so schmilzt auch dieser Pfropfen und die Schmelze fließt in ein grosses Gefäß, wo die Salzschnmelze wegen grosser Kühloberfläche erstarrt und die Reaktion unverzüglich stoppt.
- Auch Thorium kann als Brennstoff verwendet werden.



\* *Anmerkung:* ein Forscherteam aus den USA hat im Jahr 2015 errechnet, dass auf der Basis von 270'000 t radioaktivem Abfall aus bisherigen Leichtwasserreaktoren mittels MSR Reaktoren der Weltenergiebedarf für 72 Jahre gedeckt werden könnte!

In den USA wurde durch mehrere Institutionen die Entwicklung dieser Technologie wieder aufgenommen. In China forscht das Institut „Shanghai Institute for Applied Physics“ (SINAP) seit Jahren mit einem Forscherteam von gegen 500 Spezialisten an dieser Technik. Man ist bei SINAP der Meinung, dass in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts ein Prototyp in Betrieb sein sollte.

## **7.Sicherheitsfragen:**

Wie eingangs des Kapitels 6 erwähnt, ist die Forderung für Gen. IV Reaktoren, dass sie „inherently safe“ sind. Das heisst, dass sie sich beim Ausfall aller Steuersysteme selber abschalten. Eine kritische Reaktion ist ohne laufende aktive Steuerung nicht möglich.

Die Sicherheitsfrage hat im Wesentlichen damit zu tun, dass in bisher kommerziell genutzten Kernreaktoren nach dem Abschalten immer noch eine Restzerfallswärme anfällt, welche anfänglich rund 10% der Reaktorleistung entspricht und dann abfällt. Wird in der heissen Anfangsphase der Abschaltung der Reaktor nicht gekühlt, können die Brennstäbe beschädigt werden, im schlimmsten Falle entsteht eine Kernschmelze. So war das Design eines mehrstufigen Notkühlsystems bisher immer eines der – sehr teuren - Kernelemente der Reaktorkonstruktionen. Bei den Reaktoren der Gen. I & II ist dies ausschliesslich eine gestaffelte Anordnung von Notpumpen, welche durch ein unabhängiges System mit Energie versorgt werden. In der Regel sind das Diesel- Notaggregate vom Typ kleinere Schiffdiesel (bis rund 10 MW). Zudem haben europäische und amerikanische Kernkraftwerke ein Sicherheits-„Containment“ aus solidem Beton und sind mit speziellen Ventilen und Kontaminationsfiltern ausgestattet.

Ein wesentlicher Fortschritt bei Gen. III Reaktoren ist, dass die Architektur der Notkühlung gänzlich überarbeitet wurde und passive Kühlsysteme zum Einsatz kommen.

Eine erste Kernschmelze gab es 1979 beim Unfall „Three Miles Island“ in den USA in der Nähe von Harrisburg. Geschuldet war dieser Unfall Nachlässigkeit, Fehlbedienungen, letztlich ungenügender Personalschulung. Das „Containment“ hielt dicht, zu Schaden kam niemand. Dass es keine Verletzten gab, war kein Zufall, sondern das Resultat sorgfältiger Auslegung.

Fukushima 2011: Aus Kostengründen wurden Abstriche an den eingangs erwähnten Sicherheitssystemen gemacht. Der Reaktorunfall wurde primär durch den gewaltigen Tsunami ausgelöst. Die Folgen waren extreme Kosten und politische Turbulenzen. Dennoch ist zu erwähnen, dass der Tsunami rund 20'000 Todesopfer forderte, wobei 2'000 Menschen immer noch als vermisst gelten, währenddem die Untersuchungsbehörde der Vereinigten Nationen UNSCEAR bestätigt, dass es im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall zu keinem einzigen Todesfall kam.

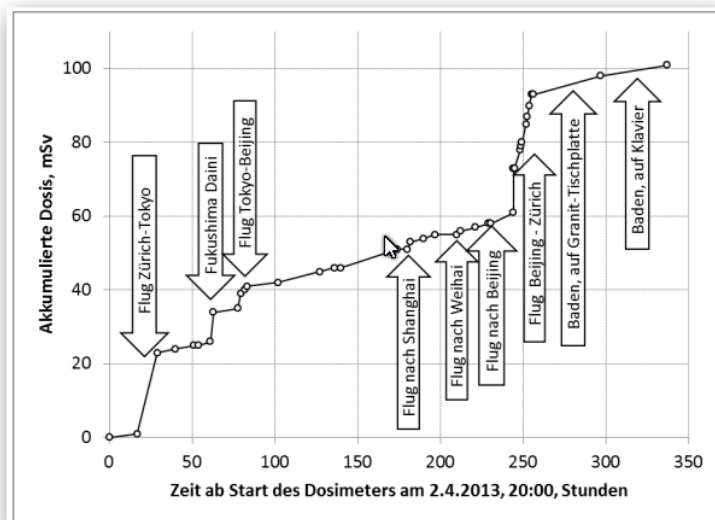


Abbildung 8: Strahlungsbelastung anlässlich einer Reise u.a. nach Fukushima Daiichi

Interessant ist noch Folgendes: Die japanischen Behörden deklarierten im Nachgang zum Reaktorunfall basierend auf einem festgelegten Bestrahlungs- Grenzwert eine „no entry“ Zone rund um Fukushima. Nach diesem Grenzwert dürfte man sich in rund 2/3 des schweizerischen Alpenraums nicht mehr aufhalten. Dazu noch die Messresultate, aufgenommen durch Prof. Michael Prasser im April 2013 anlässlich einer Reise nach Japan und China (Abb. 8). Dabei hat er sich rund 4 Stunden im havarierten Werk Fukushima aufgehalten.

Es kann auch eintreten, dass ein Reaktor im Betrieb unkontrolliert immer mehr Leistung produziert. Kritikalitäts- Unfall nennt man dies. Solches ist in Tschernobyl auf Grund eines waghalsigen Versuchs eingetreten. Es muss erwähnt werden, dass dies bei wassermoderierten Reaktoren gar nicht eintreten kann, jedoch beim Russischen Graphit- moderierten Typ RBMK, welcher im Falle von Tschernobyl auch über kein Containment verfügte.

### Entsorgung Radioaktiver Abfälle :

Ein Thema, welches technisch eigentlich gelöst ist, politisch in unseren Breitengraden aber nach wie vor heiss diskutiert wird. Einige NGO's und Vertreter der grünen Fraktionen haben in den vergangenen Jahren die Bevölkerung auf meisterliche Art verunsichert. Es ist eine unsachlich einfache Sichtweise, in der es nur „Gutes“ und „Schlechtes“ gibt. Danach ist „Solar“ gut und sauber, Kernkraft jedoch der Inbegriff des Schlechten.

Die zunehmende Verwendung von Thorium wie auch zukünftige MSR Reaktoren entschärfen das Abfallthema. Differenziert wird nicht, wer redet schon von den gigantischen Mengen hochtoxischer Chemieabfälle dieser Welt, welche ungeschützt oder mangelhaft gelagert werden und keine Halbwertszeit haben. Unter anderem werden für die Produktion von hochreinem Silizium - ein Grundstoff der PV Zellen - hochtoxische Chemikalien benötigt, dies bei hohen Drucken und Temperaturen. Bei allfälligen Leckagen wäre damit für weite Verteilung gesorgt. Der Bophal Chemieunfall, mit vielen Tausend Toten, lässt grüssen. Da über 85% der Solarzellen in China produziert werden, kümmert dies niemanden im Westen.

## Schlussbemerkungen:

Im Jahr 2013, beim einem meiner Besuche bei Shanghai Electric waren dort Komponenten für 36 Reaktoren in der Produktion. Zur selben Zeit war von der zuständigen Bundesrätin wiederholt zu vernehmen, dass „heute niemand auf dieser Welt neue Kernkraftwerke baut“.

Horst-Michael Prasser, ordentlicher Professor für Kernenergiesysteme an der ETH Zürich brachte es an seiner Abschiedsvorlesung vom 15. Dezember 2021 auf den Punkt:

***„Eine Bitte die nicht nur in der ETH, sondern auch in der Politik endlich ankommen müsste: Überdenkt die Energiestrategie. Das Risiko gut gemachter Kernenergie ist kleiner, als der Schaden der entsteht, wenn man auf sie verzichtet!“***

Literatur Empfehlungen:

- Kernkraft- Der Weg in die Zukunft. Götz Ruprecht, Horst Joachim Lüdecke; TvR Medienverlag, Jena 2018, ISBN 978-3-940431-65-3 → (sehr empfehlenswert besonders auch für Laien)
- Thorium ist billiger als Kohle-Strom. Robert Hargraves 2012, Amazon Distribution GmbH, Leipzig.
- Kernenergie Schweiz, Bruno Pellaud, Orell Füssli 2013, ISBN 978-3-280-05533-5

Emanuel Höhener, Präsident Carnot-Cournot Netzwerk