CO2-neutral mit Kernkraft - ein realistischer Ansatz

Kernkraft kann die Schweiz CO2-neutral machen. Erneuerbare können dies nicht, weil sie Speicher brauchen und damit zu Energiesenken werden.

Die Solarlobby überbietet sich zur Zeit mit Plänen, welche zwar CO2-Freiheit versprechen, aber direkt auf Subventionen zielen.

Hier ist der Entwurf einer Strategie, die Schweiz mit Kernkraft CO2-neutral zu machen.

Dazu müssen rund 180 TWh fossile Brennstoffe für Mobilitiät und Wärme ersetzt werden (Gesamtenergiestatistik des Bundes). Ausserdem müssen die bestehenden Kernkraftwerke ersetzt werden.

Die Rechnung betrachtet die konventionellen AKW mit grossen Leistungen anhand des WWER-1200 und SMR (Small Modular Reactors) anhand des GE-Hitachi BWRX-300 und NuScale. Zum Kostenvergleich wird Solar auch gerechnet. In allen Varianten ist Solar teurer als Kernkaft, noch ohne Speicher, und ohne ausreichend Energie für den Winter.

Stromversorgung ohne Importe im Winter

Mit Kernkraft kann die Schweizer Energie vollständig auf CO2-Neutralität gebracht werden. Kernkraft kann auch die Autonomie im Winter sicherstellen, ohne Importe. Beides geht kostengünstig und ohne Subventionen.

Rechnung für Autonomie - Winterstrom ohne Importe

Drei Grössen von Reaktoren werden gerechnet: 1200 MW (so gross wie heute Leibstadt), 300 MW (etwa so wie Mühleberg) und 60 MW. Es müssen 180 TWh fossiler Brennstoffe ersetzt werden. Es wird hier gerechnet, dass dies mit 60 TWh elektrisch möglich ist, mit einer Kombination von Einsparungen, Effizienzverbesserungen und Einsatz von Wärmepumpen.
Weiter braucht es rund 9 TWh für den Ersatz Mühleberg und Beznau (Gösgen und Leibstadt können über 2050 hinaus laufen), und ausserdem muss Kapazität für sichere Versorgung im Winter bereitgestellt werden. Letzteres ist zur Zeit nicht der Fall, und das gefährdet die Schweizer Versorgung: Im Moment importiert die Schweiz im Winter Strom, und mit den "Energiestrategien" von Roger Nordmann und Rudolf Rechsteiner wird diese Abhängigkeit vom Ausland zunehmen. Eine gefährliche Entwicklung angesichts des aktuellen Abbaus von Kapazität in Deutschland und Frankreich.

Allen Varianten von Kernkraft werden die Kosten die Solarenergie gegenübergestellt. In jeder Kolonne werden die Kosten für die Lieferung der gesamten nötigen Energie pro Reaktortyp gerechnet, und dasselbe noch für Solar. Varianten und Kombinationen werden im nächsten Abschnitt dargestellt.

Die Kernkraftstrategie bringt - im Gegensatz zu Solar - Autonomie auch im Winter ohne Importe. Und dies kann Kernkraft zu tieferen Kosten als Solar ohne Wintersicherheit.

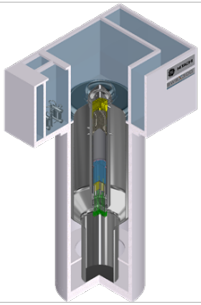
	WWER-1200	**BWRX-300**	**NuScale (12er Einheiten)**	**Solar250W** (2) **(ohne Speicher)**	**Solar 250W** (1) **(ohne Speicher)**
Leistung MW	1200	300	720	0.00025	0.00025
Energie TWh/ Jahr	9.5	2.4	5.7	0.000000219	0.000000219
Verfügbar	sofort	ab 2028	ab 2026	sofort	sofort
Reaktoren					
für 60TWh *)	8	32	12	300'000'000	300'000'000
AKW-Ersatz **)	1	4	2	115'000'000	115'000'000
Wintersicher***)	3	10	5	nicht möglich	nicht möglich
Kosten Mrd Fr					
für 60TWh *)	66	21.6	27.6	75	113
AKW-Ersatz **)	8	2.7	6	29	43
Summe	**74**	**24.3**	**33.6**	**104**	**156**
Wintersicher***)	25	7	16	nicht möglich	nicht möglich
Summe tot	99	31.3	49.6	nicht möglich	nicht möglich

(1) rooftop
(2) Farmen Standard. Hochgebirgspanels sind teurer.
*) inklusive Reserve
**) mit AKW nur Beznau, Mühleberg
***) Für Wintersicherheit ohne Import wird mit einer Leistung von 3000MW gerechnet

Reaktortypen

Alle hier berücksichtigten Reaktortypen beruhen auf bekannter und bewährter Technik. Es sind Druckwasser-Rektoren verschiedener Grösse. Der WWER-1200 hat eine Leistung von 1200MW und wurde bereits so oft gebaut, dass der Hersteller Rosatom sich als ersten Serienproduzenten bezeichnet. Dort kommt und kam in der Steuerung europäische Technik zum Zug. Bei den anderen zwei Typen handelt es sich um SMR (Small Modular Reactors) von 300MWe Nennleistung (BWRX-300 von GE Hitachi) und 60MWe Nennleistung (NuScale). Die SMR werden in Fabriken gebaut und in Serien installiert. Die Serienfabrikation erlaubt einen Skaleneffekt, die geringere Leistung erlaubt eine einfachere Konstruktion.

In dieser Zusammenstellung sind noch keine Schnellen Reaktoren wie zum Beispiel ThorCon aufgeführt und gerechnet. Die vorliegende Schweizer Strategie lässt die Schnellen Reaktoren bewusst weg.

WWER-1200	**BWRX-300**	**NuScale**
1200 MW Leistung	300 MW Leistung	60MW (12er Sets=720MW)
		
An Ort gebaut	In Fabrik gebaut	In Fabrik gebaut
jetzt verfügbar	ab 2028	ab 2026

In dieser Strategie wird nur mit bewährter Technik gerechnet, welche schon anderswo kommerziell in Betrieb gegangen ist, bevor die Planung und der Bau in der Schweiz beginnen kann. Beim WWER-1200 ist das schon mehrfach geschehen, bei den SMR wird erst der kommerzielle Betrieb abgewartet. NuScale soll 2026 den kommerziellen Betrieb aufnehmen, der BWRX-300 ist dies 2028. Die Strategie rechnet mit einer Beobachtungsperiode für diese ersten Reaktoren in Betrieb. Das Risiko von First in Kind ist in dieser Strategie ausgeschlossen.

Damit kann auch das Bewilligungsverfahren in der Schweiz optimiert werden: Es soll ein Copy-Paste-Verfahren sein. Angesichts unserer Mentalität zum Vergolden bleibt dies eine Herausforderung, auch weil interessierte Kreise gerne Vergolden als Mittel zum Verhindern einsetzen.

Zeitplan

Der Plan zeigt einen vollständigen Ausbau der Energielieferung für die Schweiz, inklusive etwas Redundanz, inklusive Wintersicherheit ohne Importe, völlig autark.

Sicher ist, dass es keine 20 Jahre für ein Kernkraftwerk braucht, auch wenn sogar dies reichen würden, um das Klimaziel 2050 zu erreichen. In Russland wird in in 5 Jahren gebaut, und in Finnland rechnet man mit sieben Jahren. Mit der Erfahrung werden diese Zeiten auch kürzer.

Variante/ Kosten Mia Fr	"Klimanotstand"	"Schweizer Tempo"	"Umweg"	Solar (ohne Speicher)
Farm /rooftop				100-150
brav	100	65	59	
steil	83	55	52	

Es wirkt etwas paradox, dass die Anlagen umso günstiger werden, je später sie gebaut werden. Das ist auf die Small Modular Reactors zurückzuführen, die ingesamt kostengünstiger sind als heute noch Grossreaktoren. Die SMR werden jedoch erst im Verlauf der 2020er-Jahre verfügbar und können darum nicht in allen Varianten und beliebig gerechnet werden.

Variante 1: Klimanotstand

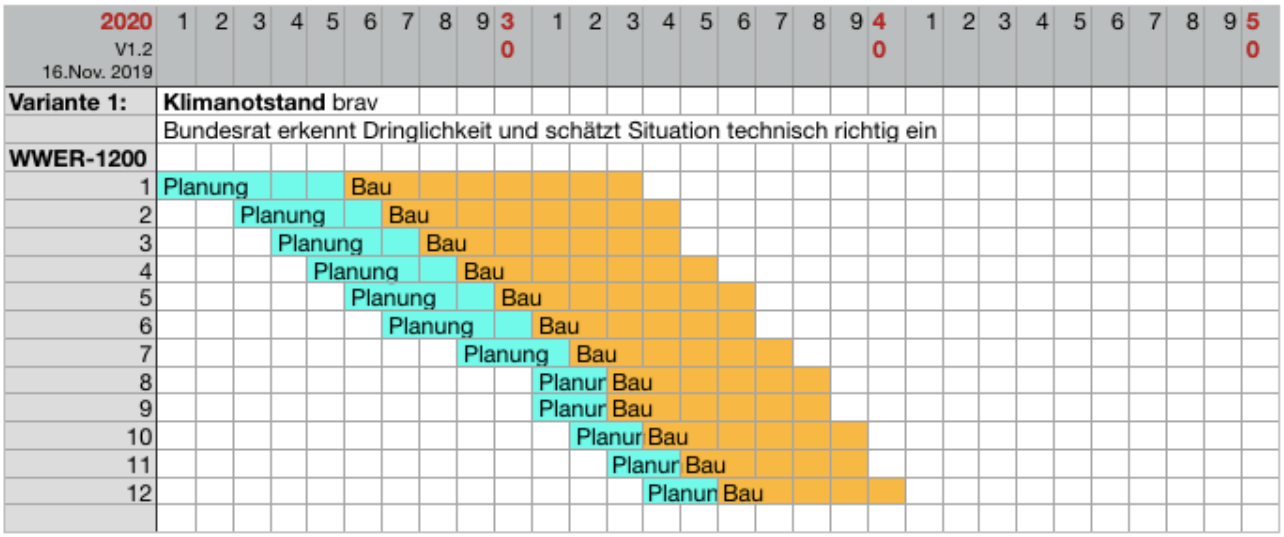
Vielleicht geschieht ein Wunder: Der Bundesrat erkennt Dringlichkeit und schätzt die Situation technisch richtig ein. Die Erneuerbaren-Unterstützung läuft schnell aus. Der Bundesrat übt hier angesichts der anerkannten Notsituation seine Kompetenzen voll aus.

In dieser Variante wird sofort mit der Planung begonnen, das Bewilligungsverfahren gestrafft und konsequent Copy-Paste gemacht.

Es gibt dazu zwei Möglichkeiten: Einerseits den Bau der WWER-1200 alleine, andererseits den Bau der WWER-1200 mit NuScale Reaktoren, sobald sich diese bewährt haben. Dies ergibt Kosten von rund 80 bis 100 Milliarden sFr. Dies ist weniger als Solar, und bei Solar ist damit noch kein einziger Speicher bezahlt und im Winter muss importiert werden. Ein weiterer nicht quantifizierter Vorteil ist der Stop der Subventionen an Erneuerbare.

Bei den WWER-1200 könnten die Kosten durch einen Skaleneffekt reduziert werden, der ist aber noch nicht gerechnet, genauso wenig wie die Reduktion des administrativen Aufwandes.

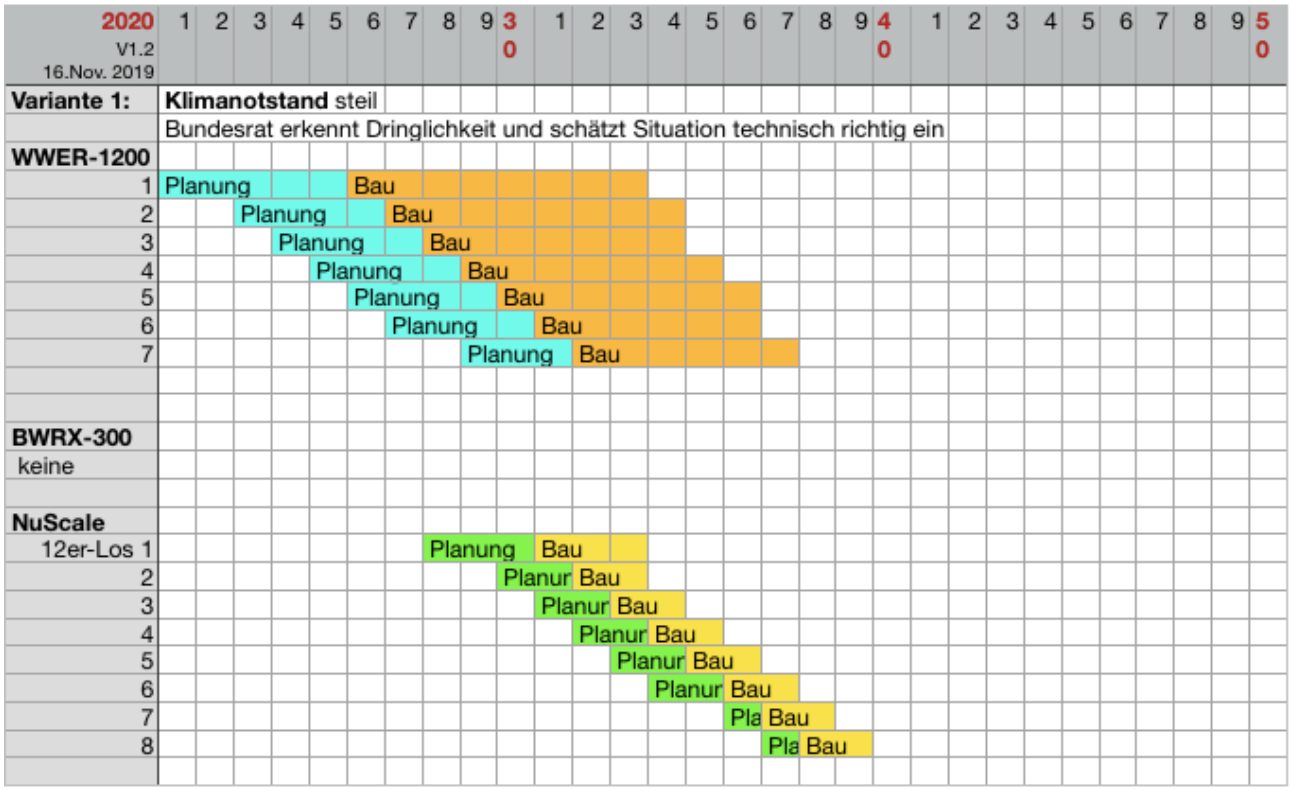
Zeitplan Klimanotstand brav



Die Finanzierung dürfte eine Mischform sein, mit Verwendung von Geldern aus den CO2-Abgaben und ähnlichem und Investorengeldern, finanziert mit sinnvollen Methoden (RAB).

Mit WWER-1200 alleine sind die Reaktoren 2040 bereit. Die Variante mit NuScale ist 2039 fertig erstellt - und günstiger.

Zeitplan Klimanotstand steil



Variante 2: Schweizer Tempo

Diese Variante geht davon aus, dass die Hinwendung zu Kernkraft den parlamentarischen Weg geht, und nach den Neuwahlen 2023 werden Nägel mit Köpfen gemacht. CO2-Abgaben etc. für Erneuerbare werden gestoppt, die Gelder zu Kernkraft umgeleitet. Diese Variante reicht aus, auch wenn heute die Gegner sagen “Ein Kernkraft-Neubau braucht 20 Jahre” - Ja, es geht auch dann.

In der Version “brav” wird auf Nummer sicher gemacht und das Risiko verteilt: Alle drei Reaktortypen werden angegangen, so dass mit der Zeit je nach Erfahrungen die eine oder andere Variante bevorzugt gefahren wird. Damit kann insgesamt der Kostenrahmen reduziert werden.
In der Version “steil wird ganz auf die Small Modular Reactors abgestellt. Die Kosten bewegen sich zwischen 55 und 65 Milliarden. Immerhin wird ausserdem noch einiges gespart, weil die Subventionslobby gestoppt wird. Die Reaktoren sind 2040 gebaut, bzw. 2039.

Zeitplan Schweizer Tempo brav

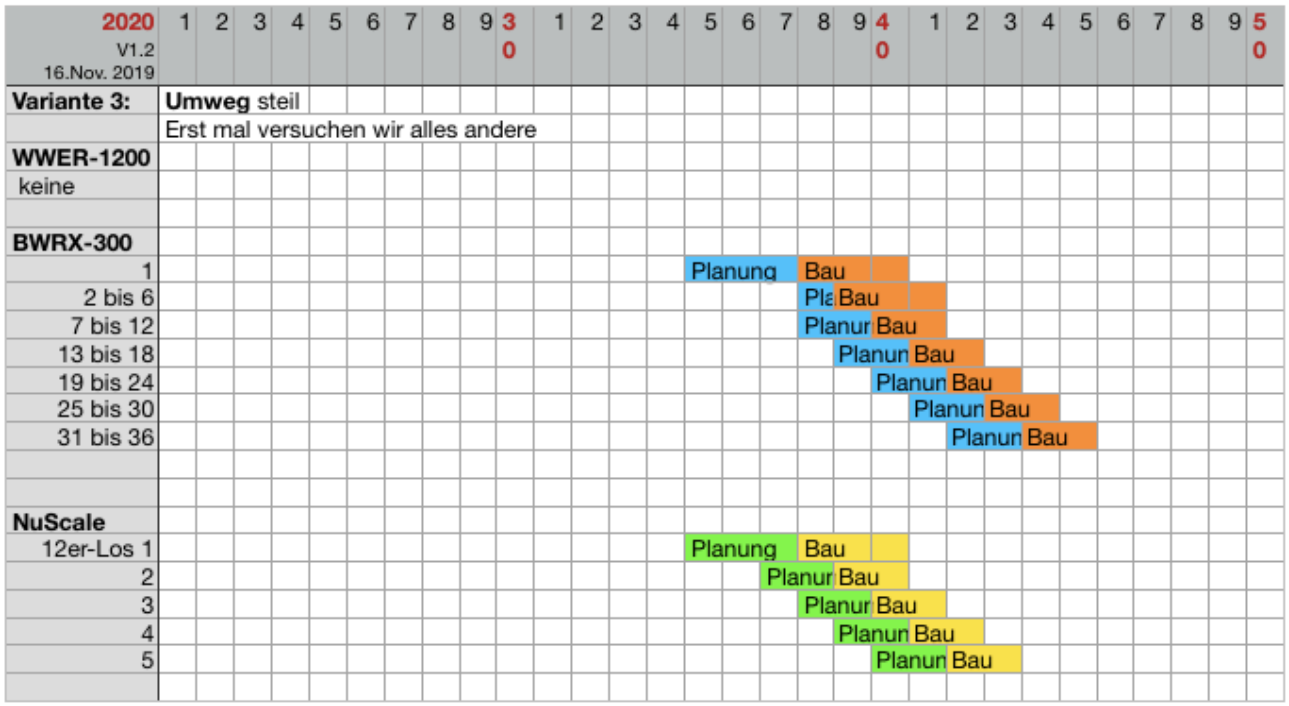
Zeitplan Schweizer Tempo steil

Variante 3: Umweg

Erst verpulvern wir viel Geld für Erneuerbare, die so viel Wirkung zeigen wie in Deutschland, also keine Wirkung auf das CO2, aber viele Kosten. Danach reift allmählich die Einsicht, dass Erneuerbare tatsächlich nichts taugen. Und man beginnt wahrzunehmen, dass in der ganzen Welt schon III+ Kraftwerke gebaut wurden, im Kostenrahmen. Auch sieht man, dass verschiedene Fabriken Small Modular Reactors ausspucken, und dass die Schweiz wieder einmal den Zug verpasst hat. Bis dahin ist schon viel Geld für Erneuerbare ausgegeben. Der Kostenrahmen liegt bei etwa 52 bis 59 Mia, aber dazu kommen etwa 30 Mia, die dank CO2-Abgaben in Erneuerbare versenkt wurden. Volkswirtschaftlich ist auch das Geld zu rechnen, das die Privaten für Erneuerbare ausgegeben haben. Bereit sind diese Reaktoren 2049 oder 2045.

Zeitplan Umweg brav

Zeitplan Umweg steil



Was fehlt:

In allen Varianten wird die Versorgungssicherheit in den 2020er Jahren nicht erreicht. In dieser Zeit dürfte es zu drastischen Versorgungsengpässen kommen, weil die Schweiz dank Kernkraftgegnern den Bau der nötigen Kraftwerke verpasst hat. Wenn die Gegner nicht die Kraftwerke Kaiseraugst, Graben, Inwil, Verbois und Rüthi verhindert hätten, dann hätten wir genügend Strom, und sogar genug für Elektromobilität und Wärmepumpen.

Es ist nicht damit zu rechnen, dass uns das Ausland in den 2020er-Jahren zuverlässig aushelfen kann. Deutschland und Frankreich bauen beide Kapazitäten ab. Und die Schweiz hat die Ersatzkapazitäten für AKW, die in der Energiestrategie 2050 vorgesehen waren, klammheimlich gestrichen. Auch ein massiver Ausbau der Erneuerbaren kann dieses Problem nicht lösen.

Finanzierung

Die Finanzierung der Kernkraft ist im Grunde einfach. Wir haben in der Schweiz eine ganze Reihe von Abgaben für CO2 und Erneuerbare. Zur Zeit spricht man auch über einen Ausbau dieser Abgaben.

Die Gelder summieren sich (mindestens) wie folgt:

CO2-Abgabe aktuell 1,050 Milliarden (bei Erhöhung dann 2,4 Mia)
Stromabgabe 2,3Rp/kWh bei 60 TWh Strom 1,2 Mia
Treibstoffabgabe zu erwarten (5Mia L zu 10 Rp) 0,5 Mia

Aktuell sind das also 2,2 Mia. Zu erwarten sind 4,1 Mia.

Die Gelder sollen vor allem eingesetzt werden, um CO2-Kompensationen zu finanzieren - mit Kernkraft kann man CO2 sehr wirksam reduzieren.

Wenn der Bundesrat schnell genug reagiert, wie in Variante 1 geschildert, kann mit 2,2 Mia pro Jahr die vollständige Umstellung auf Kernkraft weitgehend finanziert werden (ca 65 Mia Fr werden angehäuft), und mit 4,1 Milliarden Abgaben geht das erst recht einfach (rund 120 Mia werden angehäuft).

Dabei sind wohl noch nicht alle Ausgaben wegen Erneuerbaren in Verwaltung und Forschung gerechnet, die dann wegfallen.

Diese Investitionen mit den CO2- und Stromrappen-Geldern sind wohlgemerkt keine Subventionen, wie das bei der Förderung von Erneuerbaren der Fall ist, wo das GEld an Private und Firmen verschenkt wird.
Die Anlagen gehören bei dieser Finanzierung dem Staat, also dem Volk. Die Stromkosten aus den Anlagen wäre mit dieser Finanzierung auf die running costs reduziert, also bei etwa 1 bis 2 Rappen/ kWh.

Zum Vergleich soll auch die Finanzierung über den Markt angesprochen werden. Diese Finanzierung ist mittels RAB (Regulated Asset Base) so zu gestalten, dass Investoren tatsächlich ein Interesse haben. RAB wird mit Vorteil gebraucht für grosse Infrastruktur-Investitionen wie zB Flughäfen (Heathrow wurde so finanziert), da diese die Interessen von Staat und Investoren ausgleicht. Kritiker monieren gerne die Staatsgarantie, die damit einhergeht, und verschweigen, dass die Garantie nichts kostet. Im Gegensatz dazu sind die Subventionen politisch begründete Geschenke an Private und Firmen und verloren für den Staat. RAB ist also deutlich billiger als Subventionen (genau gesagt: um die Subventionen billiger). Ausserdem verbilligt die Staatsgarantie die Kredite der Geldgeber und führt zu insgesamt tieferen Kosten. Im Falle von Hinkley Point hätte die Methode RAB Milliarden gespart, und darum wird im UK für weitere Projekte auch diese Methode angewandt.

Zusammengefasst: Die Schweiz kann nötigen AKW quasi gratis haben, wenn auf die untauglichen Erneuerbaren verzichtet wird. Der Strompreis würde dadurch sinken (oder im Gegenzug könnten die Steuern gesenkt werden).

Verwendung der CO2-Abgaben

Solange die Kernkraftwerke in der Schweiz verboten sind, und gleichzeitig Massnahmen zur Reduktion oder Kompensation gefordert sind, kann mit den Geldern für die CO2-Abgabe (und nicht nur diesen) auch Kernkraft im Ausland gefördert werden. Dies hätte den Vorteil, dass tatsächlich und wirksam CO2 verhindert wird, und dass diese Gelder nicht Ausgaben wären, sondern Investitionen in Anlagen, welche der Schweiz gehören. Gleichzeitig könnte in dieser Zeit Erfahrung und Knowhow mit solchen Anlagen gesammelt werden. Als Kandidaten kommen osteuropäischen Staaten in Frage, sei es Tschechien, Slowakei, Polen oder Ungarn.

Im Hinblick auf die SMR (Small Modular Reactors) könnte auch in die Produktion solcher Anlagen investiert werden - auch dies gleichzeitig eine Investition in CO2-Reduktion und eine Möglichkeit, an einer neuen hochtechnischen Entwicklung teilzuhaben. Aktuell gibt es Vereinbarungen zwischen GE Hitachi (BWRX-300) und Firmen in Spanien, Litauen und Polen, sowie zwischen NuScale und einem Konsortium in Tschechien. Denkbar wäre auch ein späterer Bau eigener Fabriken, welche dann gelegentlich das Umland der Schweiz beliefern könnte, welches irgendwann wieder zur Energiewirklichkeit zurückfinden wird. Der Wert solcher Investitionen für die Schweizer Volkswirtschaft ist nicht zu übersehen.

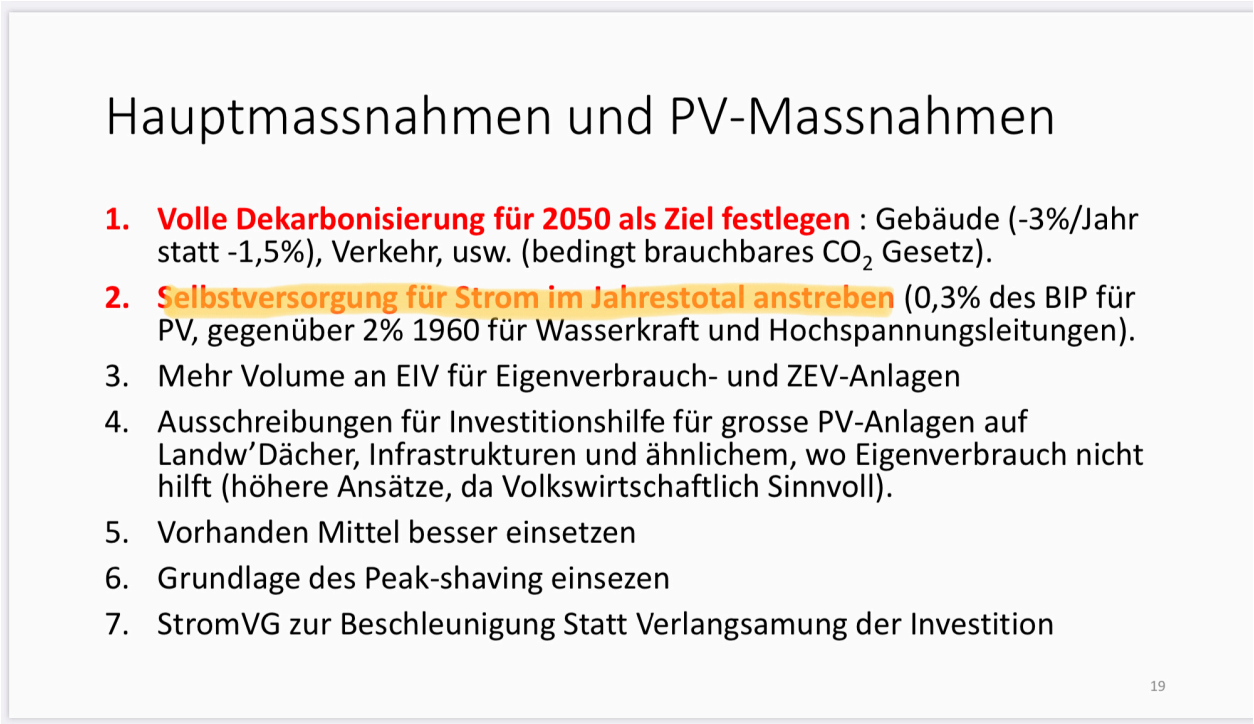
Unter Umständen wäre auch die halbe Milliarde, die jedes Jahr in den internationalen Klimafonds versickert, auf diese Art besser eingesetzt.

Investitionen in Kernkraftwerke und Reaktorfabriken im Ausland investiert würden zu Knowhow führen, das für die zukünftige Entwicklung der CO2-freien Energieversorgung wichtig ist, und gleichzeitig auch hochqualifiziertes Personal heranziehen. Das Geld wäre auf diese Weise investiert, es würde nicht vom Winde verweht oder durch die Sonne verdunstet.

Und der Zweck der CO2-Reduktion wäre erfüllt.

Die Solarstrategien von Roger Nordmann und Rudolf Rechsteiner: Importe im Winter

Roger Nordmann ging in seinem Buch von Gaskombikraftwerken aus, um die Stromlücke zu füllen, aber weil das unterdessen tabu ist, hat Herr Nordmann nun eine Importstrategie. Er nennt sie schönfärberisch "Selbstversorgung für Strom im Jahresmittel" (cf. Folie 19 aus seinem Vortrag). Die Strategie von Nordmann beruht darauf, dass im Sommer zuviel produziert wird und im Winter zu wenig - und dass er sogar für Nicht-Produktion Geld bekommt ("Peak Shaving"). Die Strategie von Rudolf Rechsteiner ist ein Sammelsurium von Grafiken und im wesentlichen keine Strategie, sondern ebenfalls ein vehementes Plädoyer für mehr Subventionen.

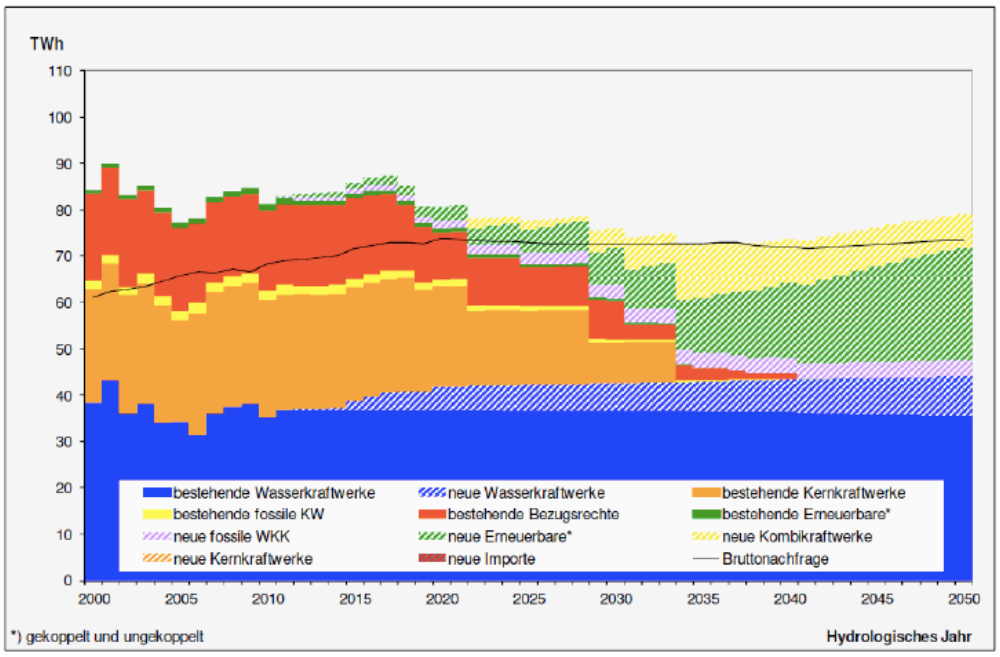


Beide Solar-Strategien können im Winter nicht genug Strom bereitstellen. Sie sind untauglich.

Die Entwicklung der Energiestrategie 2050

Die Energiestrategie 2050 hätte AKW mit Gaskombikraftwerken ersetzen sollen (Studie hier, Angaben des Bundes hier). Mit dem Pariser Abkommen für CO2-Reduktion wurde das zum Problem, und so wurden die Gaskombikraftwerk aus der Strategie wortlos fallen gelassen.

Grafik 10: Szenario „Massnahmen Bundesrat", Angebotsvariante C&E, hydrologisches Jahr in TWh_{el}/a



Quelle: Prognos 2012

Im Winterhalbjahr wird die Nachfrage, ausgelöst durch den Landesverbrauch, gerade gedeckt (siehe Grafik 11). Die benötigten Gaskombikraftwerke werden gerade mit so viel Volllaststunden gefahren, dass der Inlandsverbrauch gedeckt ist. Die Produktion des gesamten Jahres ist auf diese Mehrnachfrage (verbunden mit einem erhöhten Leistungsbedarf) im Winter ausgerichtet.

Die Schweiz hat nun eine Energiestrategie zum Abschaffen der Kernkraft, welche keinen Ersatz der Kernkraft hat. Die Energiestrategie 2050 hat auch keinen Ersatz der 180TWh mit CO2-freien Quellen angedacht. Das war nicht Thema der Studie und kam erst mit dem Abkommen von Paris.

Die Annahmen der Energiestrategie sind überholt durch die Tatsachen. Es gibt keine Strategie mehr, und das darauf beruhende Energiegesetz verhindert eine sichere Versorgung der Schweiz mit Strom, weil es auf untaugliche Mittel setzt und das taugliche Mittel verbietet.