Chancen, Hürden und Möglichkeiten die Dekarbonisierungsziele 2050 zu erreichen

Maturarbeit von Lino Bosshardt unter Betreuung von Yee Ling Willems-Ong
Realgymnasium Rämibühl

Fragestellung

Die Schweiz möchte 2050 unabhängig von Kernenergie und fossilen Brennstoffen sein. Dieses Ziel, verbunden mit dem im Jahr 2011 vom Bundesrat beschlossenen Atomausstieg ist eine grosse Herausforderung.

Ziel meiner Arbeit ist es einen Energiemix für das Jahr 2050 aufzuzeigen, der einerseits die Dekarbonisierungsziele und den vom Bundesrat beschlossenen Atomausstieg erreicht und andererseits auch aus physikalischer Sicht umsetzbar ist. Mit meiner Maturarbeit möchte ich auf die Fragestellung eingehen, was die vom Bundesrat gesetzten Ziele aus physikalischer Sicht bedeuten.

Dekarboniserungsziele 2050 des Bundesrates

Ausstieg aus der Kernenergie

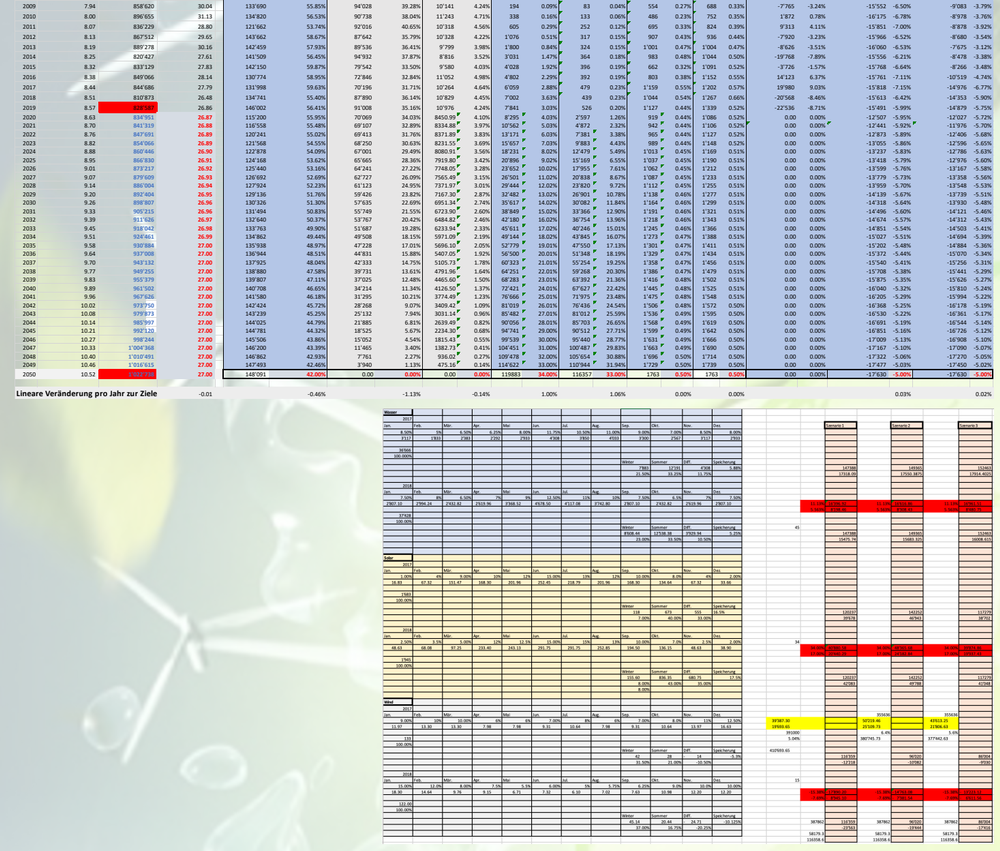
- Keine neuen KKW's
- Bestehende KKW's werden nur betrieben, solange sie sicher sind.
- Momentan im Betrieb:
  Beznau I &II
  Gösgen
  Leibstadt

Ausbau erneuerbarer Energien

- Ziel: Energieproduktion nur durch erneuerbare Energien bis 2050
- Fokus auf Solar, Wind und Wasser
- Ersetzen von Fossilen Energieträgern

Steigerung der Energieeffizienz

- Senkung des Gesamtenergieverbrauchs pro Kopf. (um 43%)



Vorgehensweise

Szenarien	Bevölkerung	Energieverbrauch	Atomausstieg
Heute (2019)	8.57Mio	828'587TJ (Verbrauch/Kopf 27 MWh)	
Szenario 1	10.5Mio	682'204TJ (Verbrauch/ Kopf 18.02 MWh)	Ja
Szenario 2	10.5Mio	849'559TJ (Verbrauch/ Kopf 22.43MWh)	Ja
Szenario 3	10.5Mio	1'022'738TJ (Verbrauch/Kopf 27 MWh)	Nein

Es wurden drei Szenarien für das Jahr 2050 entwickelt. Dabei wurde in 2 Szenarien aufgezeigt, wie der Energiebedarf im Jahr 2050 aussehen könnte und mit welchem Energiemix dieser Energiebedarf mit erneuerbaren Energieformen sichergestellt werden kann. Ein drittes Szenario fokussiert auf einer Annahme, dass der Atomausstieg bis 2050 nicht gelingt. Alle drei Szenarien gehen von einem linearen Bevölkerungswachstum aus und im Jahre 2050 10.5 Mio. Menschen in der Schweiz leben werden.

Für jedes dieser 3 Szenarien wurde für die Berechnungen der notwendigen Energieproduktion und -speicherung unter der Berücksichtigung von Verlusten (z.B. bei der Übertragung/Transport) eine Exceltabelle erstellt. Dafür wurden die historischen Werte der Schweizer Gesamtenergiestatistik BFE verwendet. Um die Dekarbonisierungsziele zu simulieren liess ich die Prozentanteile der nichterneuerbaren Energien gegen Null streben und fügte die nun verlorene Energiemenge der erneuerbaren Energie unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden zu.

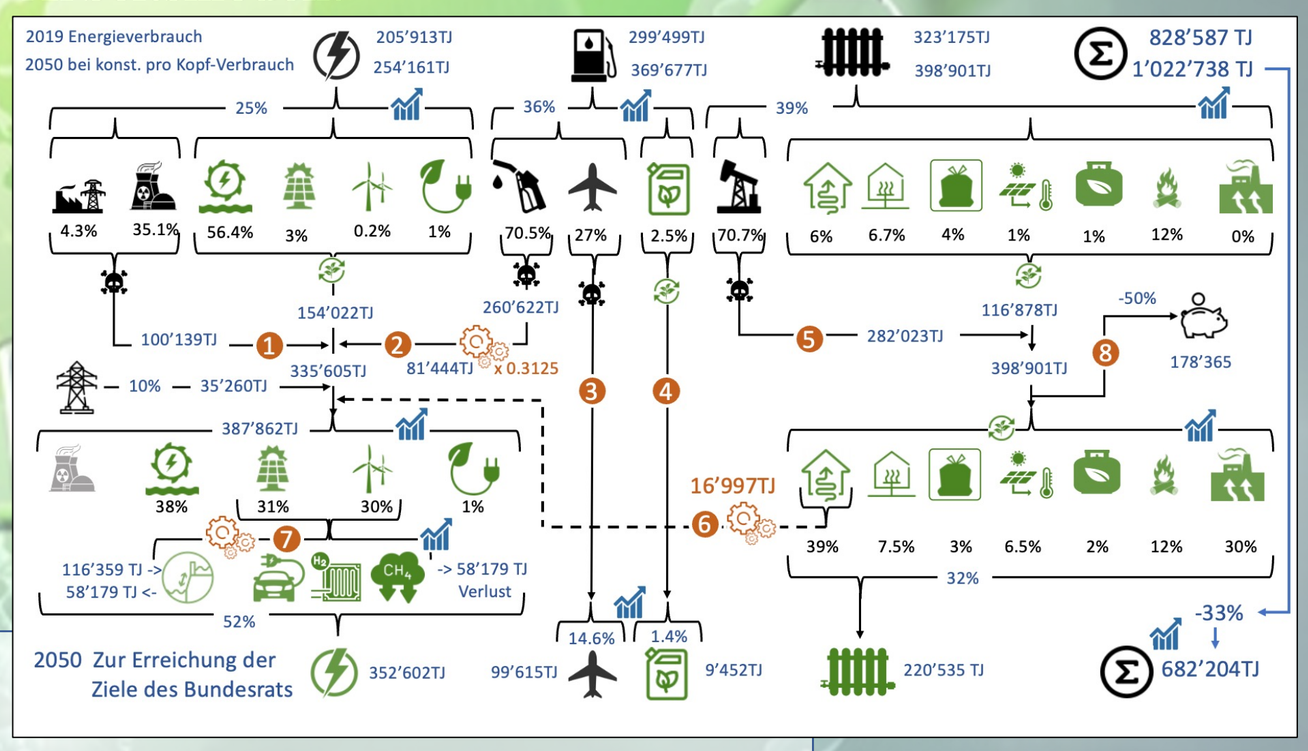
Wie im unten abgebildeten Arbeitsmodell dargestellt, wurde dabei der Verkehr zu 100% mit erneuerbaren Stromherstellungsverfahren (v.a. Wasserkraft, Solarenergie und Windenergie) elektrifiziert. Die fossilen Brennstoffe, die heute für die Wärmeproduktion verwendet werden, wurden hauptsächlich mit Stromwärmepumpen, tiefer Geothermie und Solarthermie ersetzt. Speziell betrachtet und berechnet wurde auch der saisonale Speicherbedarf, der aufgrund der asymmetrischen Stromproduktion übers Jahr notwendig wird.

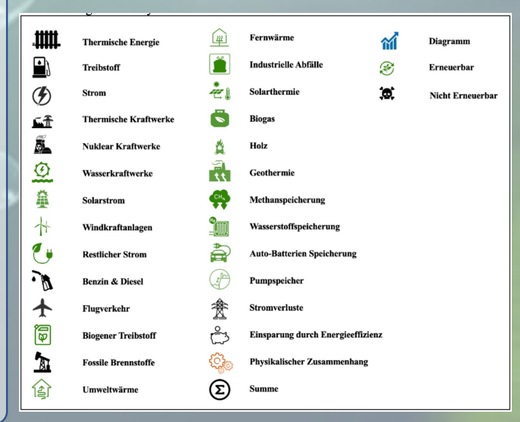
Resultate

Der errechnete Energieverbrauch und Energiemix sowie die entsprechend notwendigen Einsparungen für die 3 Szenarien sehen im 2050 folgendermassen aus:

	Energieverbrauch			
Energieform	**Heute**	**Szenario 1**	**Szenario 2**	**Szenario 3**
+ Besteh. erneuerbarer Strom extrapoliert		*154'022TJ*	*154'022TJ*	*154'022TJ*
+ Ersatz Nuklearstrom & Therm. Kraftwerke		*100'139TJ*	*100'139TJ*	*29'772TJ*
+ Nuklearstrom		*0*	*0*	*70'367TJ*
+ Elektrifizierung Verkehr		*81'444TJ*	*81'444TJ*	*81'444TJ*
+ Strom für Wärmepumpen		*16'997TJ*	*20'031TJ*	*55'330TJ*
Strom (total)	205'913TJ	352'602TJ	355'636TJ	390'935TJ
Benzin und Diesel	210'988TJ	0	0	0
Flugverkehr	80'711TJ	99'615TJ	99'615TJ	99'615TJ
Biogener Treibstoff	7'800TJ	9'452TJ	9'452TJ	9'452TJ
Thermische Energie	323'175TJ	398'901TJ	398'901TJ	398'901TJ
→ Davon fossile Brennstoffe	*228'355TJ*	*0*	*0*	*0*
Total	**828'587TJ**	**860'569TJ**	**863'604TJ**	**898'897TJ**
Notwendige Einsparung *(Term. En.)*	**N.A.**	**178'365TJ**	**14'044TJ**	**0**
Gesamtenergieverbrauch	**N.A.**	**682'204TJ**	**849'559TJ**	**898'897TJ**

Arbeitsmodell:





Schlussfolgerungen

Der Strombedarf wird sich in Zukunft um mind. 150'000TJ erhöhen und damit fast verdoppeln. Unter anderem wären dazu der Bau von ca. 213km² Solaranlagen (bzw. 12% der bebauten Fläche der Schweiz) und ca. 5'100 Windräder notwendig, um den Bedarf zu decken.

Es wurde aber auch klar, dass für die Erreichung der Ziele des Bundesrates im Szenario 1 immer noch 178'365TJ Einsparung notwendig werden, um den Pro-Kopf-Verbrauch um die vom Bundesrat angestrebten -43% (vs. 2000) senken zu können. Dies kann praktisch nur durch Wärmeisolation erreicht werden, da die Effizienzgewinne mit dem Ersatz durch alternative Energiegewinnungsverfahren in den Berechnungen bereits ausgeschöpft wurden.