

DAS CCPS®-STROM - SPEICHER – KRAFTWERK

**AUF BASIS DES CCPS®- STROMSPEICHER-VERFAHRENS
KLIMANEUTRAL MIT METHAN,
DA IM GESCHLOSSENEM KREISLAUF VON ERZEUGUNG UND VERBRAUCH**

**FÜR EINE EFFIZIENTE UND STABILE STROMVERSORGUNG
WENN DER STROM AUS KLIMANEUTRALEN VOLATILEN STROM-QUELLEN
KOMMT**

**DAS ERFORDERT STROM-SPEICHER-KRAFTWERKE
VON SEHR GROSSER SPEICHER-KAPAZITÄT (GWH)
UND HOHER RÜCKSPEISE-LEISTUNG (100 MW)**

Dr. rer. nat. Peter Volkmer, IGUS GmbH, Dresden, Industriephysiker



Vortrag zur VDI Aktion Innovativer Kohleausstieg 05.07.2021

BESTEHENDE GRUNDSÄTZE FÜR KLIMANEUTRALITÄT

- Eine klimaneutral funktionierende Zivilisation und Wirtschaft ist eine unumgängliche internationale Zielstellung ,
um das Leben und die lebensnotwendige Artenvielfalt auf der Erde zu bewahren.
- Das ist international verpflichtend im Abkommen von Paris 2015 mit der Festsetzung ,
dass von allen Unterzeichner-Ländern alle erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen sind,
damit die Steigerung der Erdmitteltemperatur gegenüber 2015 nicht 1,5 Grad übersteigt.
- Dabei ist Grundlage die gesicherte Erkenntnis, dass die Temperaursteigerung mit der
Zunahme der CO₂-Konentration zusammenhängt, was auch durch Messungen bestätigt
ist.
- Ganz klar ist damit , dass die Nutzung von Kohle und anderer fossiler Energieträger
beendet werden muss.

AUGESTELLTE HANDLUNGSGRUNDSÄTZE FÜR KLIMANEUTRALITÄT

- Ein Beitrag Deutschlands für diese internationale Verpflichtung ist das **Kohle-Verstromungs-Beendigungs-Gesetz (KVBG)** für Braunkohle-KW (BKKW) sowie Kommunale Kohle Heiz-KW. Die ersten BKKW wurden 2020 und die letzten werden in 2038 den Betrieb einstellen. Es wird flankiert von staatsgetragenen finanziellen und strukturpolitischen Maßnahmen zur Gestaltung des sich ergebenden wirtschaftlichen und sozialen Strukturwandels in den Kohleregionen und in den Städten.
- Neben dem Ausstieg aus der Kohleverstromung, wird mit einer **CO₂-Steuer** die Nutzung von fossilen Energieträgern bei anderen energetischen Prozessen, insbesondere bei der verbrennungs-motorisierten Mobilität der sukzessive Ausstieg in Richtung klimaneutraler - insbesondere elektrischer - Antriebe betrieben.
- In der Industrie sind Prozesse mit hohen CO₂-Emissionen, wie die Eisenerz-Verhüttung und die bisherige Wasserstoff-Nutzung in der Chemie, zu ersetzen. Auch hier wird aus klimaneutralen Strom erzeugter Wasserstoff eingesetzt werden müssen.
- Das sind Anforderungen, wo nun nur noch wenig Zeit bleibt, die entstehenden Probleme
 - Erzeugung des klimaneutralen Stroms zur Kompensation des Ausfalls fossilen Stroms
 - Aufbau einer Technik zur Beherrschung der Volatilität dieses Stromes zu lösen

KLIMANEUTRALER ENERGIETRÄGER STROM

- Einziger klimaneutraler, direkt nutzbarer primärer Energieträger ist elektrischer Strom, gewonnen aus den volatilen klimaneutralen Energiequellen , in der Hauptsache Solarstrahlung sowie Wind und Fließwasser aus sekundären Wirkungen der Solarstrahlung.
- Vorteil des Energieträgers Strom ist, dass er technisch leicht transportiert werden kann.
- Thermodynamisch gesehen hat elektrischer Strom eine Exergie (Arbeitsfähigkeit) von 100 %.
Es ist damit der wertvollste Energieträger.
Beim mit klimaneutralen Strom erzeugten Wasserstoff bleiben dagegen nur 50 % und Braunkohle hat eine Exergie-Rate von 30 %
- Von Nachteil beim Strom ist, dass er nicht direkt gespeichert werden kann, sondern nur durch Umwandlung in eine stoffliche Form, aus der dann noch eine Rückverstromung direkt oder indirekt möglich sein muss.
- Die Speicherung von Strom mit großer Kapazität von GWh wird das Hauptthema des Vortrags sein,. Es sind die Speicherkraftwerke, die die Strukturwandel -Ersatz-Investitionen beim Rückbau der Kohle-Kraftwerke werden und die die Stabilität des Stromnetz sowie die Effizienz der volatilen Stromerzeugung und auch die Wärmeversorgung sichern werden.
- Den der Erde zur Verfügung stehenden Fusionsreaktor zur Versorgung dieser irdischen Energiequellen haben wir mit unserer Sonne. Der Teil der Strahlungsenergie, die die Erde erreicht , übersteigt den ggw, Energiebedarf um das 15.000 fache.
Dieser Fusionsreaktor hat nach hunderten Millionen Jahren noch Brennstoff für wiederum für Millionen von Jahren.

PROBLEME DER ENERGIEWIRTSCHAFT MIT DER KLIMANEUTRALITÄT I

Vor der Energiewirtschaft stehen folgende Ereignisse, für die Lösungen zu finden sind:

- (1) Der **Ausfall der immensen Stromerzeugung** aus Kohle und anderen fossilen Energieträgern ist zu kompensieren und auch die damit zusammenhängende **Wärmeerzeugung aus KWK** ist bis spätestens 2045 **zu ersetzen durch klimaneutrale Wärme**.
- (2) Es ist die bisherige **Wärmeversorgung klimaneutral** umzugestalten. Das effizienteste Verfahren der **elektrischen Wärmepumpe** sollte zum Zuge kommen oder aber durch Nutzung von **Abwärme klimaneutralen Ursprungs**, auch anfallend bei der CCPS-Speicherung von klimaneutralen Stroms.
- (3) Der **nicht unerheblichen Ausfall der Stromerzeugung** ab 2022 durch den Ausstieg aus der Kernenergie-Verstromung ist durch klimaneutralen Strom zu ersetzen.
- (4) Zusätzlich erforderlicher **Strom ist für den Umstieg auf eMobilität herzustellen und zu verteilen**
- (5) **Für industrielle Prozesse ist klimaneutraler Wasserstoff** erforderlich, der aber nur aus klimaneutralem Strom zu erzeugen ist.
- (6) Es ist daher davon auszugehen, dass anstelle von ggw. 650 TWh/a erzeugten Strom, von dem ggw. ca. 30% klimaneutral sind, zukünftig mindestens 800 TWh/a erforderlich sind.
Dabei tut sich **das erhebliche Problem** auf, **dass der klimaneutrale Strom aus volatilen Quellen kommt** und damit **nicht mehr bedarfsgerecht steuerbar zur Verfügung steht**.
Es gibt erhebliche Überschüsse oder Defizite bei der Lieferung über kurze Zeiträume, tageweise oder jahreszeitweise. Man behilft sich mit Abregelung von Überschüssen, aber damit können keine Defizite behoben werden und die Stromerzeugung wird ineffizienter.
- (7) **Das Stromnetz ist nicht mehr stabil und die Versorgung nicht mehr sicher und das wird schon bei 50 % klimaneutralen Strom auftreten.**

VERSORGUNGSSICHERHEIT UND KLIMANEUTRALITÄT - EIN AUFLÖSENDES DILEMMA DER ENERGIEWIRTSCHAFT

- Die bisher bedarfsentsprechende und nachregelbar steuerbaren Regelung der Stromerzeugung ist bei volatiler Erzeugung schon von 50 % nicht mehr ausreichend möglich.
Auch weil nun noch 2022 der Ausstieg aus der Kernenergie-Verstromung erfolgt.
- Die stabile und sichere Stromversorgung unter dem Zwang der Klimaneutralität erfordert eine neu gestaltete Stromversorgung in einem neu strukturierten Stromnetz mit neuen Komponenten, den Speicherkraftwerken.
- Denn bei volatilen Stromerzeugern stellen die zwei Phasen (1) Überangebot und (2) Angebotsdefizit - insbesondere bei den angedachten Haupterzeugern, den WEAs und PVAs - die Stabilität des Netzes und damit die Sicherung der Versorgung in Frage.
- Ein Überangebot wird ggw. durch Abregelung der volatilen Stromerzeuger ausgeglichen. 2019 wurden z. B. ca. 20 TWh Strom von WEAs weggeregelt und dafür mussten Entschädigungen von ca. 1,5 Mrd. € an die Betreiber zu Lasten der Kunden gezahlt werden.
- Zu sehen ist auch, dass der mit PVA tagsüber erzeugte Strom nur begrenzt direkt nutzbar ist und auch bisher sogar entschädigungslos bis auf 0 abgeregelt wird.
- Auch mit negativen Strompreisen versucht man das Problem des Überangebots zu beherrschen. Hier wird aber meistens der wertvolle Strom nur abgefackelt.
- Damit fällt – gemessen an der schon geringeren Volllast-Stundenzahl - auch die Effizienz der klimaneutralen Stromerzeugung.

LÖSUNGSWEGE IN DER ENERGIEWIRTSCHAFT FÜR DIE KLIMANEUTRALITÄT

Vorstellungen, ob und wie die bestehenden Probleme gelöst werden können:

- a) Steigerung der Eigenerzeugung von klimaneutralen Strom ist erforderlich und machbar, insbesondere durch neue gesetzliche Aktivitäten, Beendigung der Beharrung und Behinderung, Ausweisung von energetisch notwendigen passenden Landesflächen für WEAs, PVA als verpflichtende TGA bei Neubau und Sanierung. Klimaschutz ist wesentlicher Naturschutz!
- b) Erreichung einer höheren Effizienz der Erzeugung von klimaneutralen Strom durch Verhinderung von kostentreibenden Abregelungen und dafür notwendige Technik, einhergehend mit einer Stromspeicherung mit hoher Kapazität im Netz, auch als Ersatz für PVA-Home-Speicher
- c) Stabilisierung des Stromnetzes durch Integration von systemrelevanten untereinander agierenden großen Stromspeichern, mit denen dann sogar „Dunkelflauten“ verhindert werden könnten.
- d) Die großen bis zu 20 GWh-Stromspeicher werden die neuen im Verbund steuerbaren bis zu 100 MW-Stromerzeuger im Netz sein. Also sind die steuerbaren **Speicherkraftwerke die neuen erforderlichen Elemente der Stromversorgung**, worüber im folgenden detailliert gesprochen werden soll.
- e) Natürlich wird auch der Import und Export von klimaneutralen Strom zur Stabilisierung des eigenen Netzes weiterhin eine Rolle spielen. Dabei sind die Erwartungen nicht zu hoch zu halten, da alle Länder mit der zu schaffenden Klimaneutralität betroffen sind.
- f) Der Import von klimaneutralen Wasserstoff aus den Sonnenländern muss durch Stromimport ersetzt werden.

WELCHE WEGE AUS DER KRISE SIND MACHBAR ODER ABWEGIG

- Klar ergibt sich aus dem vorher Dargestellten, dass es im Stromnetz Stromspeicher von außerordentlichen, bisher nicht vorgesehenen Größenordnung braucht.
- Schon jetzt ist bei der bestehenden Versorgung mit klimaneutralen Strom damit zu rechnen, dass es trotz vorhandener, übernational übergreifender Stromnetze flächenweise zu mittelfristigen Totalausfällen (black outs) der Stromversorgung kommen kann.
- Mit dem Übergang zur eMobilität entstehen Probleme mit erhöhten Spitzenstromverbräuchen für zu bestimmten Tageszeiten hochlaufenden Ladevorgänge können nur mit im Stromnetz vorgehaltenen Speicherkraftwerken gelöst werden.
- Die Vorstellung die verbreitet wird, klimaneutralen Strom aus dem europäischen Verbundnetz zu holen, sind abwegig , da die Überschuss-/ Defizit-Zustände grundsätzlich nicht harmonisch zusammenpassen werden, da das Wetter über den Kontinent insgesamt auch von stochastisch volatiler Verteilung ist. Hier ist insbesondere mit den mit dem Klimawandel sich verstärkt auswirkenden Veränderungen der Jet-Streams zu rechnen, wo es für sichere Wettervorhersagen schwer werden wird.
- Genauso sind die Vorstellungen, klimaneutralen Wasserstoff aus den sonnenreichen Wüstenregion zu importieren gerade zu absurd. Dort fehlt das Wasser für den Wasserstoff. Die bestehenden Erdgasleitungen für Wasserstoff nutzen zu wollen, ist technisch abwegig.. Wenn schon, sollte man Strom von dort importieren.

LÖSUNGSANSATZ FÜR SPEICHERKRAFTWERKE

- Die Speicherkraftwerke sind die neuen wesentlichen Elemente im Stromnetz für die Sicherung der Stabilität und der Versorgungssicherheit im durch volatile Stromerzeuger gespeisten Stromnetz.
- Sie sind letztlich mit einer erforderlichen Kapazität von insgesamt mehreren TWh nur machbar unter Nutzung des *vorhandenen* Erdgasnetzes, das als Energiespeicher für die Ablage erforderliche Speicher-Menge nutzbar ist.

Wir haben hier mit dem Erdgasnetz ein sehr riesiges technisches -Speicher- und Transport-System. mit einem Umfang von 500.000 km Rohrleitungen und riesigen Speicherkavernen und einem chemisch gespeicherten energetischen Äquivalent von über 500 TWh und mehr.

Das ist ein riesiges Speichersystem, wie die Biomasse in der Natur, in das wir aus klimaneutralen Strom erzeugten Wasserstoff sowie mit speichersystem-eigenen CO₂ erzeugtes Methan einspeichern und wieder entnehmen können.

Im Kreislauf von Erzeugung und Verbrauch bleibt die Speicherung dabei klimaneutral .

Das volkswirtschaftlich bedeutende Erdgasnetz erhält damit ein zweites Leben, wenn es nicht mehr genutzt wird für den Transport und Verteilung von fossilen Erdgas.

Bis auf die erforderlichen großen Elektrolyseure – deren technische Entwicklung voranschreitet - sind alle erforderlichen energie- und verfahrenstechnischen Einrichtungen nach dem Stand der Technik von Fachfirmen unmittelbar machbar.

Es spricht vieles Technisches und Wirtschaftliches deutlich dagegen, diese Speicherkraftwerke als Wasserstoff-Speicher auszuführen,

- (1) Die Speicher-Behälter müssen alle neu gebaut werden.
- (2) Es bestehen wesentliche, nicht abwendbare material-technische Probleme mit dem Stahl beim Behälter- und Rohrleitungs-bau, sowie bei den Armaturen und Verdichtern
- (3) Es gibt noch keine verbindliche Sicherheitsregeln für den Umgang mit Wasserstoff in den erforderlichen Apparate-Ausdehnungen und Gesamtvolumen
- (4) Aufgrund der geringeren Volumenenergiedichte im Vergleich zu Methan von 1:20 ergeben sich bei Rohrleitungen und Behältern erhebliche größere Abmessungen.
Das sollte auch einmal bei den Reden zur Nutzung von Erdgasleitungen für Wasserstoff beachtet werden
- (5) Brennstoffzellen für die Rückverstromung für 100 MW und mehr gibt es (noch) nicht

FAKTEN I – VERGLEICH DER ENERGETISCHEN NUTZBARKEIT VON H2 UND CH4

Vergleich Wasserstoff-Erdgas(CH4)			
im Erdgasnetz (korr.zu Version. 2020/03)			
für die 3 Ergasdruckstufen			
Energiedichte KWh /kg			
	Wasserstoff	Methan	
	33,33	13,9	
Dichte bei 293 K in kg/m**3			Vw/Vm
(0,11+1) bar	0,084	0,88	10,42
(1+1) bar	0,152	1,72	11,32
(16+1) bar	1,292	15,10	11,68
Energiedichte bei 293 K in kWh/ m**3			EDw/ED
(0,11+1) bar	2,81	12,22	0,230
(1+1) bar	5,07	23,91	0,212
(16+1) bar	43,06	209,83	0,205
Speicherrelationen			
Volumen m**3 für 1 TWh		293 k	Vw/Vm
(0,11+1) bar	355.654	81.835	4,35
(1+1) bar	197.388	41.827	4,72
(16+1) bar	23.222	4.766	4,87
P. Volkmer 2021/11			

DIE BRUTTO-STROMERZEUGUNG 2017

Die Brutto-Stromerzeugung in Deutschland betrug in 2017:

Bruttostromerzeugung Deutschland 2017				
	TWh	Anteil	TWh	Anteil
übrige EE-Energieträger	19	2,9%		
Erneuerbare Energien Wind, Sonne, Wasser,	225	34,4%	244	37,3%
Braunkohle	148	22,6%		
Kernenergie	94	14,4%		
Steinkohle	76	11,6%		
Gase	86	13,1%		
Mineralöle	6	0,9%	410	62,7%
gesamt	654	100,0%	410	100,0%

DIE IN 2017 VORHANDENE INSTALLIERTE KW-LEISTUNG

Für die Stromerzeugung waren 2017 Kraftwerke mit installierten Leistungen wie folgt vorhanden:

Installierte KW-Leistung in Deutschland 2017			
	MW	Anteil	
sonstige-EE	1.290	0,6%	
Speicherwasser	1.542	0,7%	
Laufwasser	3.954	1,8%	
Biomasse	7.694	3,6%	
Photovoltaik	42.339	19,6%	EE
Wind, offshore	5.427	2,5%	52,2%
Wind, onshore	50.291	23,3%	112.537
sonstige-nicht-EE	4.362	2,0%	
Pumpspeicher	9.848	4,6%	
Mineralöle	4.300	2,0%	
Erdgas	29.632	13,7%	
Steinkohle	24.185	11,2%	Nicht-EE
Braunkohle	21.203	9,8%	47,8%
Kernenergie	9.516	4,4%	103.046
	215.583	100,0%	
Quelle: Bundesnetzagentur			

PROGNOSE FÜR DIE STRUKTUR DER STROMWIRTSCHAFT BIS 2037

- Wir haben auf Basis der Zahlen von 2017 eine grobe bilanzielle Simulation der Gestaltung der Stromversorgung für die Zeitreihe 2017-2022-2027-2032-2037 durchgeführt.
- Wir wollen damit ansatzweise zeigen, wo wir 2037 landen werden, landen könnten und was das grundsätzlich und im Detail bedeutet.
- Mit folgenden Ansätzen für die Simulation ergeben sich die Werte der folgend dargestellten Zeitreihen.
 1. Der Strombedarf bleibt auf dem Wert von 654 TWh bestehen, was aber schon etwas fraglich ist.
Es ist mit viel höheren Bedarf zu rechnen trotz Effizienzsteigerung .
 2. Wir haben durchgängig die Volllaststundenzahl aller Kraftwerke, insbesondere der EE-Kraftwerke, von 2017 verwendet,
 3. Die Volllast-Laufzeiten der Speicher – wiederum eine variable Simulationsgröße – haben wir mit 20 % der Jahresstunden in dieser Variante angenommen.
 4. Die Reduktionsraten der Stromerzeugung aus fossilen Quellen und entsprechende Steigerung bei der Erzeugung mit EE haben wir schrittweise so gewählt um 2037 in der Nähe von Null bei den fossilen anzukommen.

BILANZPROGNOSEN BRUTTO-STROMERZEUGUNG BIS 2037

Bilanz-Prognose Bruttostromerzeugung in Deutschland (TWh)					PV et al. 19-02
Stromerzeugung	2017	2022	2027	2032	2037
EE Gesamt	263,6	396,6	510,6	622,0	677,7
EE in Speicher	-49,3	-76,9	-99,0	-120,6	-131,4
EE aus Speicher	19,7	30,8	39,6	48,3	52,6
EE ins System	234,0	350,4	451,2	549,6	598,8
Anteil EE an gesamt	35,8%	53,6%	69,0%	84,0%	91,6%
fossile	326,0	303,6	202,8	104,4	55,2
nuklear	94,0	0,0	--	--	--
Anteil fossil an gesamt	64,2%	46,4%	31,0%	16,0%	8,4%
gesamt	654,0	654,5	654,0	654,0	654,0

Anmerkung: TENNET rechnet mit Strom-Speicherbedarf von 30-60 TWh (s. VDI-Z)

BILANZPROGNOSEN INSTALLIERTE KW-LEISTUNG BIS 2037

Bilanz-Prognose Installierte KW-Leistung in Deutschland (MW)					PV et al. 19-02
Installierte Lstg.	2017	2022	2027	2032	2037
EE Gesamt	115.544,0	180.414,7	232.314,8	282.979,2	308.311,4
davon EE in Speicher	28.475,0	44.461,9	57.252,3	69.738,2	75.981,2
EE aus Speicher	11.390,0	17.784,8	22.900,9	27.895,3	30.392,5
EE-gesamt	144.019,0	242.661,4	289.567,2	352.717,4	414.685,0
fossil	86.330,2	80.402,5	53.707,6	27.648,3	14.618,6
nuklear	9.516,0	0	--	--	--
gesamt	251.255,1	323.063,9	343.274,8	380.365,7	429.303,7

Zusammenfassung:

- (1) In den im Netz befindlichen Speichern müssten netto 52 TWh Strom abgespeichert werden sowie eine Erzeugungsleistung von 30 GW vorhanden sein.
- (2) Das geht nur mit dem Methan-Speicher Erdgasnetz, was nun sogar schon vorhanden ist.

PROGNOSE STEIGERUNG DER EE-STROMERZEUGUNG BIS 2037

Steigerung erneuerbarer Energieträger für Bruttostromerzeugung					PV et al. 19-02
		2022/2017	2027/2022	2032/2027	2037/2032
EE Gesamterzeugung	TWh	133,0	114,1	111,4	55,7
Speicherverluste	TWh	-27,7	-22,1	-21,6	-10,8
Speichereintrag	TWh	11,1	8,9	8,6	4,3
EE Eintrag ins System	TWh	116,4	100,8	98,4	49,2
EE ins System insges.	TWh	350,4	451,2	549,6	598,8

DIE VERFAHRENS- UND APPARATETECHNISCHE REALISIERUNG DER SPEICHERUNG I

(Komponente A) Die CCPS-Strom-Speicheranlage

besteht einmal z. B, aus einer Druck-Elektrolyse-Anlage, die aus dem zu speichernden Strom aus Wasser, das von Komponenten B kommt, Wasserstoff (und Sauerstoff) mit einem Druck von 30 bar erzeugt. Der Wirkungsgrad liegt bei über 75 %.

Mit dem Wasserstoff wird in der SNG- Syntheseanlage zusammen mit CO₂ aus dem Speicher von Komponente B Methan bei 30 bar und 300° C synthetisiert und nach Konditionierung in den „großen Energie-Speicher“, das Erdgas- Netz , eingespeist. Der Synthese Wirkungsgrad liegt bei fast 80 %.

Die Strom-Speicher-Kapazität hängt von dem zur Verfügung stehenden Menge von CO₂, das von der Rückverstromung (Komponente B) kommt, ab..

Im folgenden Beispiel für die Speicherung von 1 GWh el-Output wird ein gut machbarer CO₂-Speicher für 44.000 Ncbm gebraucht, der bei einem System -Arbeitsdruck von 30 bar für die Methansynthese die Abmessung eines Würfels von 35 m Kantenlänge hat,.

Beim Speicherprozess (Methansynthese) und bei der Wiederverstromung (im GuD-KW) fällt eine große Menge von gut nutzbarer klimaneutraler-Abwärme von hoher Temperatur (100 °C/ 250 °C) an. Damit kann z. B. die früher von Kraftwerken besorgte Wärmeversorgung von Städten ersetzt werden.

Zur Speicher Komponente A gehört auch ein Druckspeicher für den bei der Elektrolyse gewonnenen Sauerstoff,. Er wird dann in der Komponente B für die Verbrennung genutzt, was zu einer verfahrenstechnisch sehr einfachen CO₂-Abscheidung führt.

DIE VERFAHRENS- UND APPARATETECHNISCHE REALISIERUNG DER SPEICHERUNG II

(Komponente B) Das Rückverstromungskraftwerk (RVKW)

z. B. einem Gas- und Dampf-Kraftwerk (GuD) , das mit Erdgas aus dem vorhandenen Erdgasnetz den Speicher-Output-Strom erzeugt.

Aus dem Rauchgas des RVKW wird das für die Methan-Synthese in Komponente (A) erforderliche CO₂ abgeschiedenen., aber auch das auskondensierte Wasser

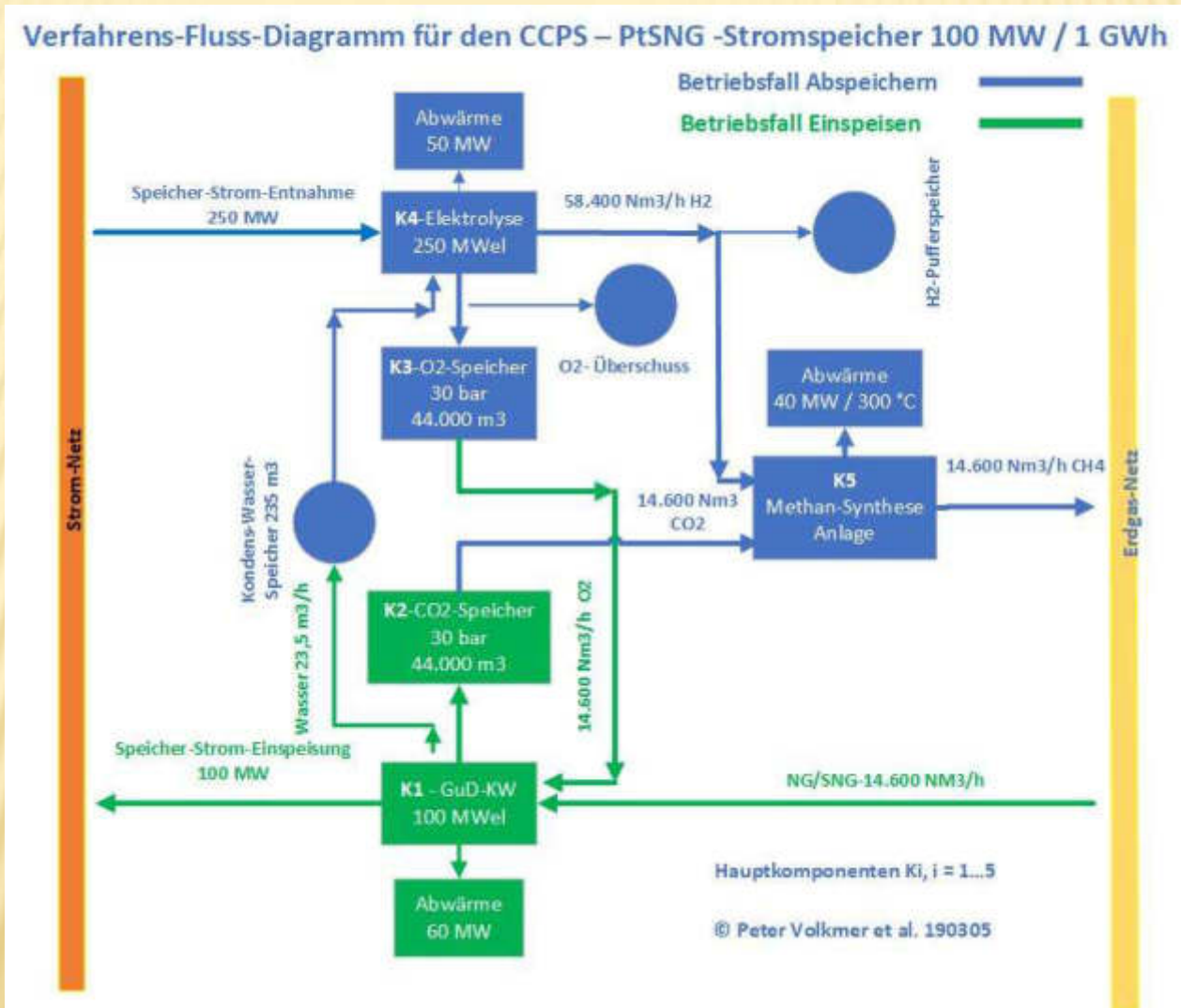
Die Abscheidung lässt sich einfach gestalten, wenn das RVKW an Stelle von natürlicher Verbrennungs-Luft mit künstlicher Verbrennungsluft, bestehend aus Sauerstoff aus der Elektrolyse von Komponente A, gemischt mit im Kreislauf zu fahrenden CO₂, betrieben wird. Das CO₂ wird in der Komponente B in einen Druckspeicher, wegen Volumenverringering und auch schon wegen des für die Methan-Synthese erforderlichen Arbeitsdrucks von 30 bar abgespeichert. Genauso wird das aus dem Rauchgas auskondensierte Wasser wieder der Elektrolyse zugeführt, also auch wie CO₂ im Kreislauf gefahren.

Das RVKW bezieht seine Betriebsenergie aus dem als Energie-Speicher dienenden Erdgasnetz und speist bedarfsbezogen Strom in das Stromnetz und kann Abwärme in KWK für Wärme-und Kälteversorgung abgeben.

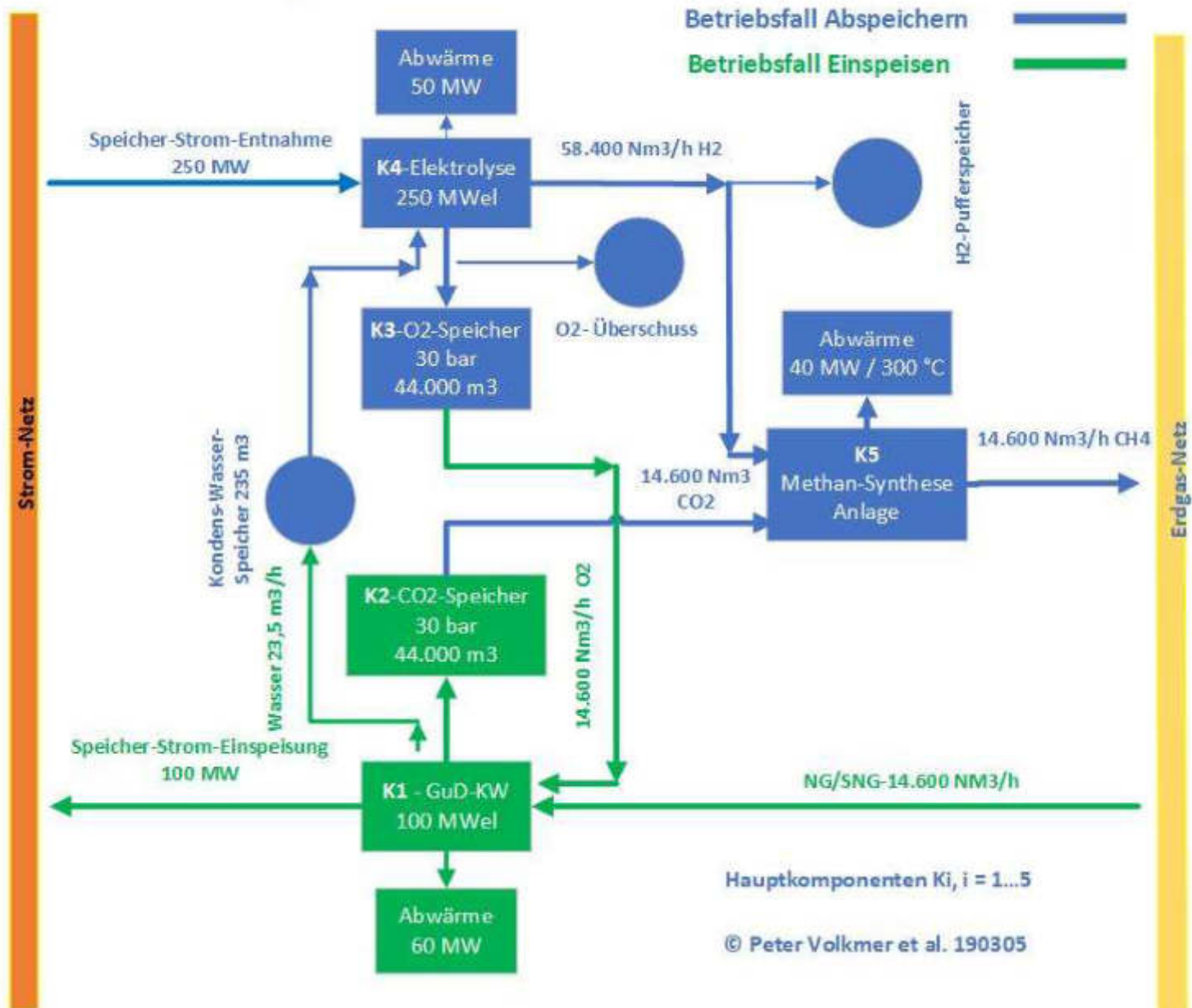
Bei der Rückverstromung kommen damit mindestens 45 % (ggw. Stand der Technik) des bei der Speicherung in Komponente (A) eingesetzten EE-Stroms zurück.

Wobei die 55 % Abwärme klimaneutralen Ursprungs wegen der hohen Temperaturen ein hohes Nutzungspotential hat, was die Wirtschaftlichkeit des Speicher-Kraftwerks stark verbessert.

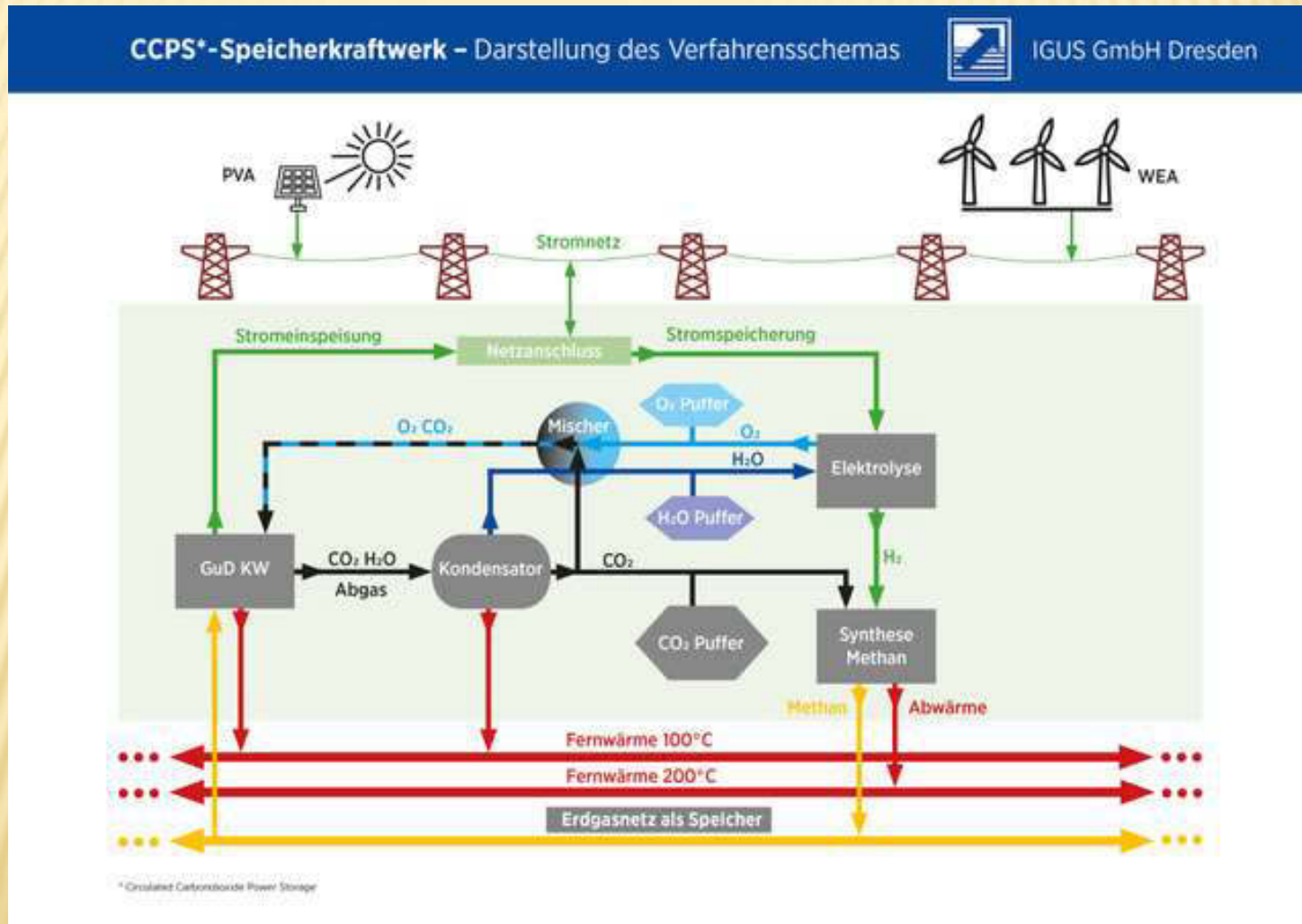
VERFAHRENSSCHEMA FÜR EIN 1 GWh / 100 MW - CCPS-SPEICHER-KW



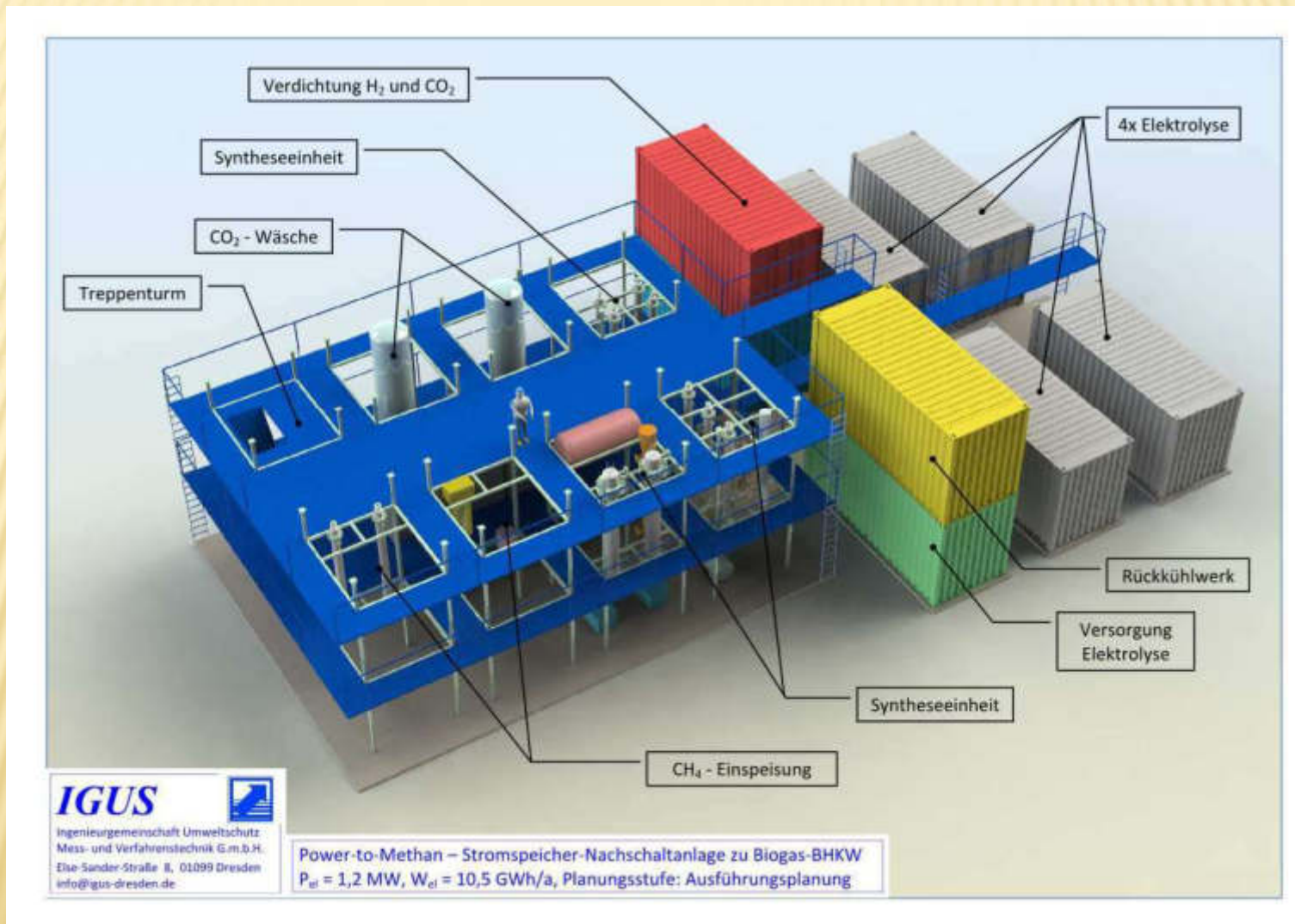
Verfahrens-Fluss-Diagramm für den CCPS – PtSNG -Stromspeicher 100 MW / 1 GWh

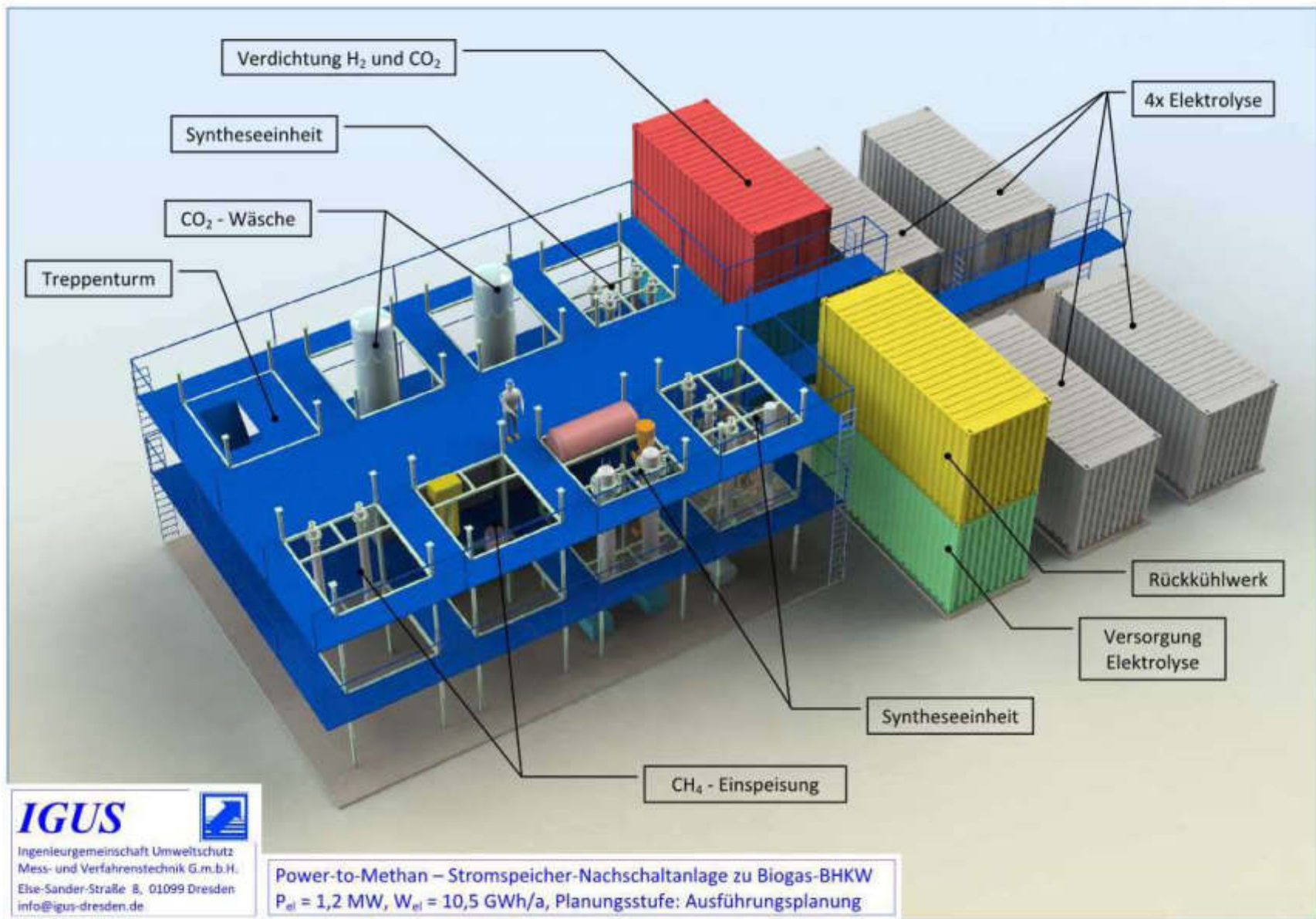


VERFAHRENSSCHEMA FÜR EIN 1 GWh / 100 MW - CCPS-SPEICHER-KW



voraus BEISPIEL: METHANSYNTHESEANLAGE NACH BIOGAS-ANLAGE 1,2 MWel





WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG I

Als Betreiber der Speicherkraftwerke sind die Netzbetreiber in der Pflicht zu sehen, wenn der Strom aus volatilen Quellen kommt. .

Neben Leitungstrassen von Nord nach Süd sind die Speicher-Kraftwerke mit großer Kapazität und hoher Einspeiseleistung in das Netz zu integrieren, um die Stabilität und Versorgung zu sichern.

Die Kosten für den klimaneutralen Strom sind nachweisbar weitaus geringer als für Kohlestrom und dürften nun noch geringer sein, da die CO₂-Steuer nicht anfällt.

Anstelle des Betriebs von auslaufenden Kohlekraftwerken, dürfte die Errichtung und der Betrieb von Speicherkraftwerken wirtschaftlich attraktiv sein und das auch dadurch, dass die bisher erbrachte Leistung der Wärmeversorgung in der Region weiter zu führen ist.

Das Ganze gerade dann auch als industrielle Strukturwandel-Projekte, für die staatliches Geld zur Verfügung steht, das ggw. für Ausbau von Bahnstrecken und Straßen falsch eingesetzt wird. Es müssen die Kosten für den Betrieb der Speicher in die Wirtschaftlichkeit des Stromnetzes eingerechnet werden. Ggf. auch durch einen Zuschlag auf die Netzentgelte, genauso wie die Kosten für die Stromtrassen.

Hier steht die BNetzA und deren politische Führung in Verantwortung, die sich bisher aber davor drückt, was deutlich an der Fortschreibung des NEP zu erkennen ist.

Anmerkung: Die Stromerzeugung durch Netzbetreiber ist ausreichend gesetzlich seit April 2019 geregelt in § 11 Abs. 3 EnWG „Netzbetreiber können netztechnische Betriebsmittel vorhalten, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätsversorgungssystem zu gewährleisten“ geregelt.

WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG II - STROMREGELMARKT

Insbesondere durch Teilnahme auch am Stromregelmarkt bietet es sich an, mit CCPS-Speicherkraftwerken als Ersatzinvestitionen für die Ablösung von zurückzubauenden Kohle-HKW nachhaltig wirtschaftlich erfolgreich aktiv zu werden.

Mit dem Speicherkraftwerk kann man neben der Stabilisierung des Netzes auch die anfallende klimaneutrale Abwärme für Heizzwecke einsetzen.

Das vor allem auch, wenn man die Funktion eines Verteil-Netzbetreibers mit WEAs und PVAs im Versorgungsbereich hat.

Je nach Stadtgröße kann das mit einem städtischen Speicherkraftwerk mit z. B. 200 MWh und 20 MW Einspeiseleistung erfolgen. Es ist also zu überlegen, ob man den Kohle-Ausstieg temporär mit Erdgas HKW macht und dann nochmals Investitionen in Speicherkraftwerke sich rechnet. Beispielhafte Rechnungen wurden von uns durchgeführt.

Aber auch hier wird von der VKU die Angelegenheit nicht ansatzweise angenommen.

WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG III – SPEICHER BEI NETZBETREIBERN

Um für einen Netzbetreiber was Belastbares hinsichtlich Wirtschaftlichkeit berechnen zu können, sind Daten aus dem bisherigen Netzbetrieb erforderlich.

Wir sehen dazu die folgenden Daten als grundsätzliches Erfordernis:

- (1) Mit dem Netz verteilte gesamte Bruttostrommenge im Jahr**
- (2) Dem Netzbetreiber zur Verfügung stehende installierte Erzeugungsleistungen verschiedener Erzeuger**
- (3) Jahresverlauf Strom bei Verbrauch und Zukauf aus welchen Quellen, nach Möglichkeit stundengenau**
- (4) Dazu Preise bzw. Erlöse und Kosten für Verkauf und Zukauf, monatlich**
- (5) Installierte Leistung EE-Anlagen im Versorgungsbereich und deren Vollastquotient, falls möglich, für die verschiedenen Anlagen-Typen getrennt**
- (6) Entschädigungszahlungen für Abregelungen von EE-Anlagen, falls möglich, für die verschiedenen Anlagen-Typen getrennt (kann man die öfters pauschal gesetzte Abregelung der PVA bei 70 % erfassen ?)**

VORSCHLÄGE FÜR DIE NUTZUNG STAATLICHER STRUKTURWANDELHILFEN FÜR DIE EINFÜHRUNG

In den Kohle-Regionen und in den Städten muss ausgelotet werden, ob

- (1) eine Förderung des Prototypen über eine Landesförderung aus dem Budget für Maßnahmen zur Kompensation des Kohleausstiegs oder
- (2) eine gemeinsame Beteiligung an vom Bund ausgeschriebenen Wettbewerben für innovative Projekte für den Struktur- und Klimawandel möglich ist.

Von uns wird ein dafür notwendiger selbständiger Akteur, die „Power Storage Project Implementation (PSPI) GmbH & Co. KG.“, entwickelt, die unabhängig, außerhalb oder als Partner von beharrenden Verwaltungsstrukturen tätig wird.

Investoren zur Beteiligung an und mitwirkende Fachleute der PSPI werden gesucht.

kontakt@powerstroage-pi.de oder info@igus-dresden.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Ich freue mich auf die Diskussion !

VORTRAGENDER STELLT SICH VOR

- **Funkmechaniker, Werkzeugmacher 1963, Dipl. Physiker 1972, promoviert 1974 Quantenchemie**
- **Seit 1975 als Physiker in der Industrie, speziell mit verf. techn. Prozeßsimulatoren**
- **bei Stahlindustrie im Stahlinstitut Leipzig, für Stahlwerke, Prozesssimulation, verfahrenstechnische Auslegungen: E-Ofen, Plasma-Ofen, Sauerstoff-Rohstahl-Konverter**
- **Energetik am Institut für Energetik: Entwicklung und Bau Dampfwirbelschicht-Trocknung von Braunkohle (DWT), jetzt integrierter Bestandteil moderner BoA-Braunkohle-KW**
- **bei Kraftwerkstechnik im Zentrum Forschung und Rationalisierung vom Kombinat Kraftwerksanlagenbau: Mitwirkung bei Entwicklung und Bau eines Prototyp-KW mit zirkulierende Wirbelschicht-Feuerung (ZWSF)**
- **1990 Gründung des Ingenieurbüros Ingenieurgemeinschaft Meß- und Verfahrenstechnik GmbH (IGUS), Projektentwicklung und Planung von Anlagen zur Nutzung von EE, Windkraft-, Wasser-, Biogas-Anlagen sowie konventioneller HKW und Anlagen für HLSK**
- **IGUS-Anwendungs-Forschungen:**
 - **Mitwirkung bei Carbo-V, HT-Biomassevergasung, CHOREN-Verfahren**
 - **Projekt HT-Dampf-Elektrolyse zu CHOREN-Verfahren**
 - **Projekt PtM als Nachschaltanlage hinter Biogas-Anlage, grünes Methan und Speicherung**
 - **Projekt CCPS, Carbondioxid Circulation Power Storage, für Stromnetzstabilisierung**
- **insgesamt ca. 20 Patente, u. a. z. B. zu:**
 - **Feuchte-Regelung für das Trockengut bei der DWT von Braunkohle,**
 - **Hochtemperatur-Dampfelektrolyse DELYSE (z. B. für das Choren-Verfahren, jetzt bei SunFire)**
 - **Condition Monitoring von Windkraftanlagen**
 - **Condition Monitoring von Brücken und Bauwerken**
 - **CCPS®-Verfahren (carbondioxide circulated power storage) in Anmeldung, Prio vorhanden**

Vortrag zur VDI Aktion Innovativer Kohleausstieg am 05.07.2021 als Webkonferenz