

## Ausbau Windkraftanlagen

hier irren Wirtschaftsminister Altmaier und die Bundesregierung

Da viele Windkraftanlagen ab dem Jahr 2021 nicht mehr gefördert werden besteht eine Gefahr für die Energiewende, weil die meisten betroffenen Anlagen dann nach 20 Jahren erfolgter Betriebszeit, wenn die Subventionierung ausläuft, wegen nicht mehr vorhandener Rentabilität außer Betrieb gehen dürften. Um das Energiepotential zu erhalten, bemüht sich Peter Altmaier um eine Lösung, alte Anlagen durch neue mit größerer Leistung zu ersetzen. Deswegen und zum weiteren Ausbau will die Bundesregierung die Bedingungen erleichtern, das heißt nicht nur die Genehmigungsverfahren sondern auch Zugang zu der zum Zeitpunkt geltenden Förderung.

Eine simple Vorstellung wäre ein mögliches [Repowering](#) indem genau auf dem Standort einer still gelegten Anlage eine größere und damit leistungsstärkere zu installieren. Nur geht das nicht so einfach, weil die Fundamente der neuen größeren Belastung entsprechend erneuert werden müssen und die Abstände der Windkraftanlagen untereinander größer zu wählen sind. Der Abstand zwischen den Anlagen muß in Hauptwindrichtung  $5 \times$  Rotordurchmesser  $D$  und quer dazu  $3 \times D$  betragen. Beträgt der Durchmesser  $100\text{ m}$  sind das  $500\text{ m}$  bzw.  $300\text{ m}$ . Die Abstände kleinerer Anlagen sind entsprechend geringer.

Für einen Windpark sind die Auswirkungen in nachstehenden Skizzen zu erkennen, wenn kleinere Anlagen am selben Standort durch größere ersetzt werden. Auf einer Freifläche von  $750 \times 450\text{ m} = 33,8\text{ ha}$  sind  $9$  Windkraftanlagen (WKA) der Leistung  $2,3$  gesamt  $20,7\text{ MW}$  errichtet. Der Rotordurchmesser  $D$  beträgt  $70\text{ m}$ . Sie sollen durch WKA der Klasse  $5\text{ MW}$  mit  $D = 147\text{ m}$  ersetzt werden. Unter Beachtung der erforderlichen Abstände ergibt sich das Bild:

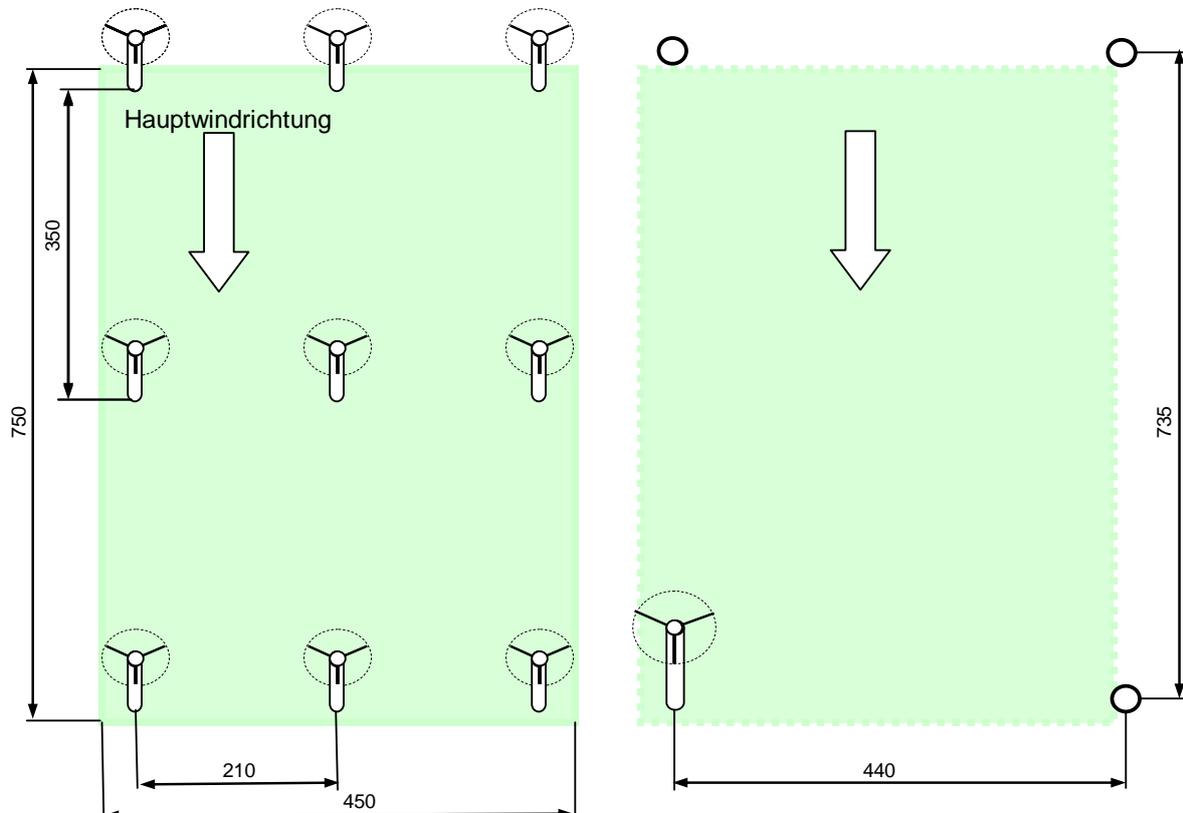


Bild 1: Windpark

Es ist geradeso nur die Errichtung von  $4$  WKA mit einer Nennleistung von  $20\text{ MW}$  gesamt möglich. Das Fazit auf die Fläche bezogen, die installierte Leistung ist um  $0,7\text{ MW}$  geringer.

Das Beispiel Bild 1 zeigt einen Trend in der Flächenausbeute  $W/m^2$  beim Ersatz kleinerer Anlagen ab einer bestimmten Größe durch Anlagen höherer Leistung. Der Trend ist für beliebige WKA leicht darzustellen.

Beispiel 1:  
Einzelanlagen der Firma Enercon und andere

Typ	kW	D [m]	5 x D [m]	3 x D [m]	$m^2 / WKA$	install. $W / m^2$	$\eta$ ca. 0,2 $W / m^2$
V-44	600	44	220	132	29.040	20,7	4,1
N-54	1.000	54	270	162	43.740	22,9	4,6
V-63	1.500	63	315	189	59.535	25,2	5,0
E-82	2.000	82	410	246	100.860	19,8	4,0
E-92	2.350	92	460	276	126960	18,5	3,7
E-115	3.000	115	575	345	198.375	15,1	3,0
E-126	4.000	127	635	381	241.935	16,5	3,3
E-147	5.000	147	735	441	324.135	15,4	3,1

Tabelle 1

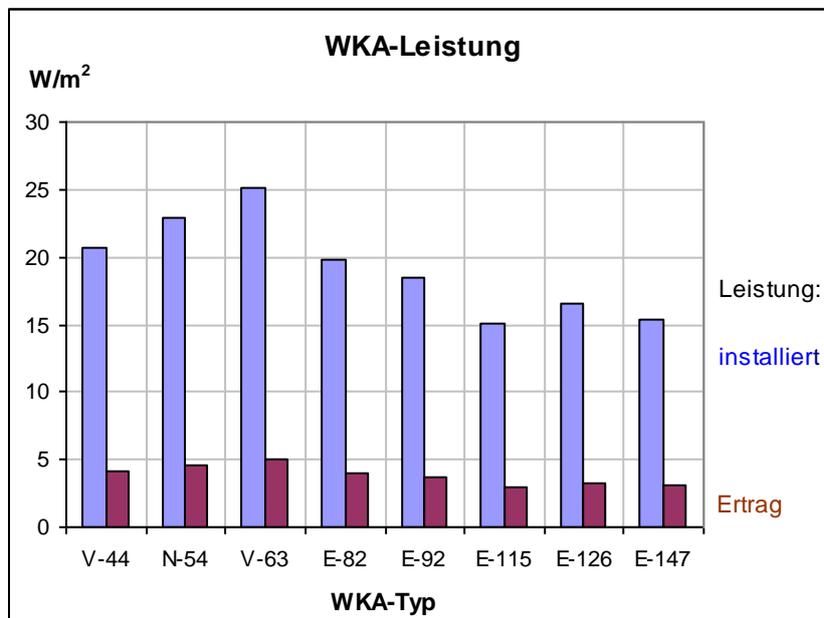


Diagramm 1: zu Tabelle 1

Beispiel 2:  
Einzelanlagen der Firma Nordex

Typ	kW	D [m]	5 x D [m]	3 x D [m]	$m^2 / WKA$	install. $W / m^2$	$\eta$ ca. 0,2 $W / m^2$
N43	600	42	210	126	26.460	22,7	4,5
N50	800	50	250	150	37.500	21,3	4,3
N54	1.000	54	270	162	43.740	22,9	4,6
N60	1.300	60	300	180	54000	24,1	4,8
N70	1.500	70	350	210	73.500	20,4	4,1
N80	2.500	80	400	240	96.000	26,0	5,2
N117	3.600	117	585	351	205335	17,5	3,5
N155	5.000	155	775	465	360375	13,9	2,8

Tabelle 2

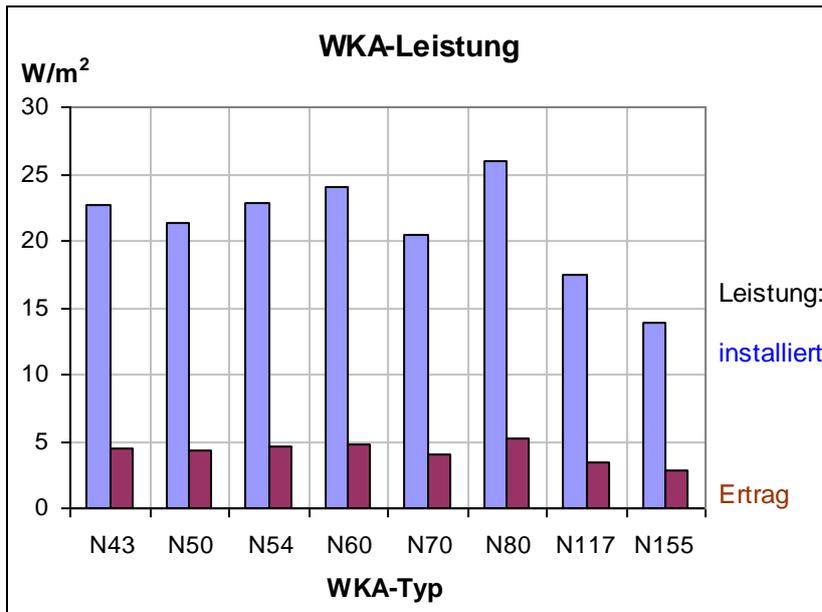


Diagramm 2: zu Tabelle 2

Aus den Tabellen und Diagrammen ist leicht zu erkennen, daß der beste Flächenertrag an Elektroenergie in  $W/m^2$  im Bereich der Rotordurchmesser zwischen 50 und 80 m liegt. Bei größeren Anlagen, d.h. solchen mit größeren Rotordurchmessern sinkt der Ertrag pro  $m^2$ . Die Abnahme des Ertrags pro Flächeneinheit in  $m^2$  liegt an den durch den Rotordurchmesser vorgegebenen Abständen von Anlage zu Anlage.

Es bleibt so Aufgabe von Ingenieurbüros oder speziellen Planungseinrichtungen die für die speziellen Standortbedingungen optimale Anlage zu bestimmen, was nie nach Gefühl und Ansicht erfolgen kann.

Das eben dargestellte gilt nur für Windparks. Für allein stehende Anlagen haben größere mit höherer Leistung durchaus ihre Berechtigung und Vorteile. Dies entscheidet abhängig vom Standort die Planung (Ingenieurtechnik) in Verbindung mit den Investoren.

Beim Zubau von Windkraftanlagen im Jahr 2020 wurden Anlagen der 3 MW-Klasse im Durchschnitt bevorzugt.

2020 Monat	Onshore			Offshore		
	Anzahl	Leistung (MW)	Ø MW	Anzahl	Leistung (MW)	Ø MW
November	42	144,7	3,45	0	0	
Oktober	39	142,7	3,66	0	0	
September	27	98,7	3,66	0	0	
August	36	122,1	3,39	0	0	
Juli	23	72,9	3,17	1	6,3	6,30
Juni	26	83,6	3,22	4	25,3	6,33
Mai	31	81,3	2,62	4	25,3	6,33
April	25	78,3	3,13	4	25,3	6,33
März	28	86,5	3,09	1	6,3	6,30
Februar	46	143,8	3,13	0	0	
Januar	37	126,5	3,42	18	130,3	7,24
<b>Summe</b>	<b>360</b>	<b>1.181,1</b>	<b>3,28</b>	<b>32</b>	<b>218,9</b>	<b>6,84</b>

Stand: 02.12.2020

© IWR 2020, Daten: Marktstammdatenregister

Tabelle 3

Die Stromerzeugung 2019 betrug in Deutschland 574,3 TWh bzw. 574.300 GWh (netto) bei einer installierten Leistung von 218,1 GW (netto). Um diese Leistung allein mit Strom aus Windkraft zu realisieren, ist diese Kapazität in Form von Windkraftanlagen zu installieren.

Laut Grafik in Bild 2 war die Windkraft onshore nur mit 17,3 % beteiligt. Um 100 % Strom ökologisch zu erzeugen, wobei ich davon ausgehe, daß zunächst ein Zubau an Photovoltaik, Biomassen und andere erneuerbare Energien keine besondere Bedeutung gewinnt, muß der Anteil aus Wind auf über 80 % erhöht werden. Der Anteil Wind an installierter Leistung beträgt dann 71 %.

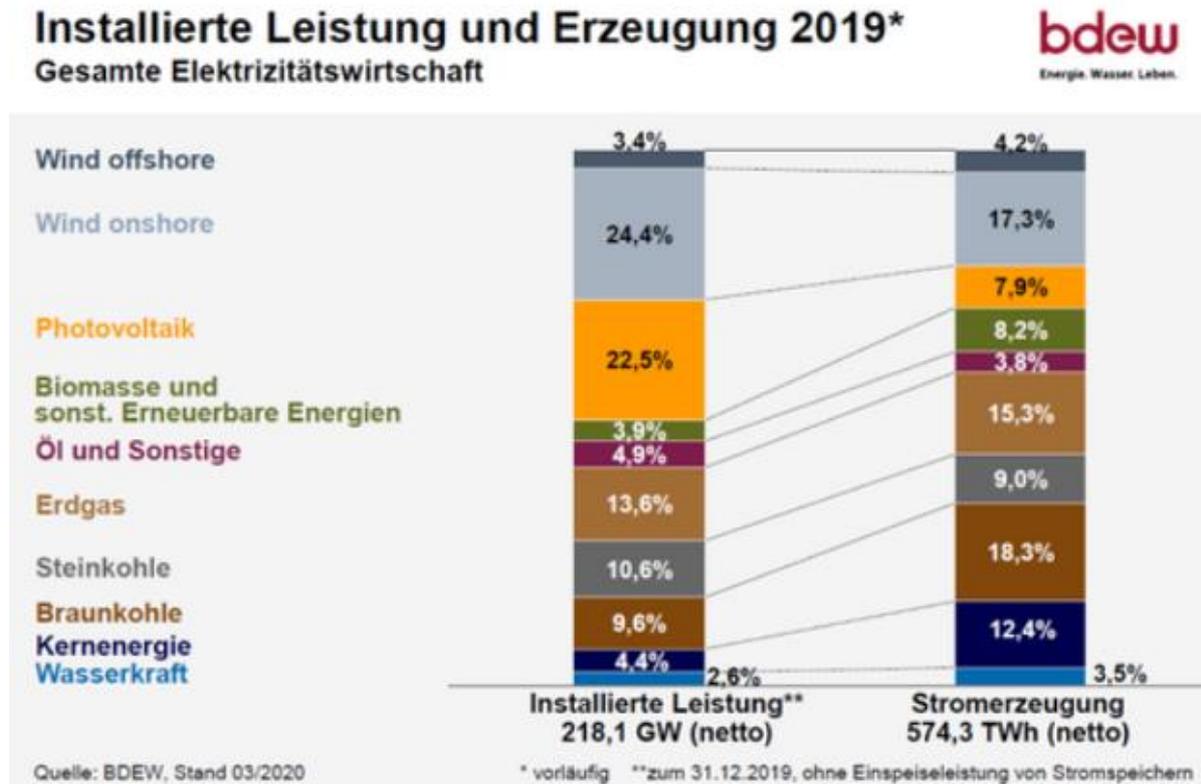


Bild 2: Grafik zur Stromerzeugung

Auf die zu installierende Leistung (netto) bezogen muß ein Zubau an WKA von 155 GW erfolgen.

Die Grafik Bild 2 liefert nebenbei eine Aussage zur Effektivität der einzelnen Energieträger im Jahr 2019 ausgedrückt durch den Quotienten  $E_f$  Stromerzeugung / installierte Leistung.

Energieträger	install. Leistung	Stromerzeugung	Effektivität	Spezifische Investitionskosten	Stromgestehungskosten	
	%	%	$E_f$		€/kW	ct / kWh
Kernenergie	4,4	12,4	<b>2,82</b>	1.800	3,6 - 8,4	6,0
Biomasse und sonst. erneuerbare Energien	3,9	8,2	<b>2,10</b>	2.100	10,1 - 14,4	12,4
Braunkohle	9,6	18,3	<b>1,91</b>			
Wasserkraft	2,6	3,5	<b>1,35</b>	4.900	2,2 - 10,8	7,5
Wind offshore	3,4	4,2	<b>1,24</b>	2.000	7,5 - 13,8	10,6
Erdgas	13,6	15,3	<b>1,13</b>			
Steinkohle	10,6	9,0	<b>0,85</b>			
Öl und Sonstige	4,9	3,8	<b>0,78</b>			
Wind onshore	24,4	17,3	<b>0,71</b>	1.200	4 - 8,2	6,1
Photovoltaik	22,5	7,9	<b>0,35</b>	4.300	3,7 - 8,5	6,1

Tabelle 4

Auffallend laut Tabelle 4 ist, daß die Energieträger mit dem niedrigsten Effektivitätsfaktor  $E_f$  durch die Politik für die Energiewende favorisiert wurden. Durch die neue Novelle des EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) sollen vor allem Photovoltaik (kleine Solaranlagen auf

Hausdächern) und Windkraftanlagen gefördert werden durch höhere finanzielle Anreize und geringeren Genehmigungsaufwand. Sonst wären bei einem Strompreis von durchschnittlich 3,0 ct/kWh für das Jahr 2020 an der Leipziger Strombörse keine Investoren zu begeistern. Über den Flächenbedarf dieser Anlagen existieren offensichtlich in der Politik keine Zahlen gestützten Vorstellungen. Ebenso wenig Vorschau für den zu erwartenden Anstieg des Strombedarfs durch Elektromobilität, Wärmepumpen, Umstellung der chemischen Industrie und der Stahlherstellung auf Basis Wasserstoff.

Ausgehend von der Aufrechterhaltung der gegenwärtigen Stromerzeugung allein durch Windkraft werden wie oben angeführt ein Zubau von 155 GW (netto) benötigt. Es ist ausgehend von 5,0 W/m<sup>2</sup> (siehe Diagramme 1 und 2 mit zugehörigen Tabellen) eine Fläche von gesamt 31.000 km<sup>2</sup> erforderlich, die sich durch den angeführten zu erwartenden Anstieg des Strombedarfs leicht verdoppeln könnte. Dazu folgendes Zitat:

*Allein die deutsche Chemieindustrie würde mehr Ökostrom benötigen, als heute insgesamt in Deutschland an Strom verbraucht wird, wollte sie komplett auf Ökostrom umstellen. 684,6 Terrawattstunden (TWh) müssten der Branche 2050 zur Verfügung stehen, errechneten die Dechema und Futurecamp für den VCI (Verband der chemischen Industrie e.V.) im Rahmen der [Roadmap Chemie 2050](#). Bei 513 TWh lag laut Umweltbundesamt 2018 der deutsche Stromverbrauch.*

**Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland am 31.12.2019**

Nutzungsart		km <sup>2</sup>	in %
<b>Bodenfläche, insgesamt</b>		357.581	100,0
<b>Siedlung</b>		33.433	9,3
	Wohnbaufläche	13.824	3,9
	Industrie-, und Gewerbefläche	6.211	1,7
	Halde	153	0,0
	Bergbaubetrieb	11	0,0
	Tagebau, Grube, Steinbruch	1.495	0,4
	Sport-, Freizeit- und, Erholungsfläche	5.224	1,5
	Fläche gemischter Nutzung	4.402	1,2
	Fläche besonderer funktionaler Prägung	1.725	0,5
	Friedhof	389	0,1
<b>Verkehr</b>		18.056	5,0
	Straßenverkehr	9.415	2,6
	Weg	6.728	1,9
	Platz	349	0,1
	Bahnverkehr	1.164	0,3
	Flugverkehr	375	0,1
	Schiffsverkehr	25	0,0
<b>Vegetation</b>		297.897	83,3
	Landwirtschaft	181.280	50,7
	Wald	106.588	29,8
	Gehölz	4.239	1,2
	Heide	685	0,2
	Moor	802	0,2
	Sumpf	380	0,1
	Unland, vegetationslose Fläche	3.922	1,1
<b>Gewässer</b>		8.195	2,3
	Fließgewässer	3.624	1,0
	Hafenbecken	74	0,0
	Stehende, Gewässer	4.161	1,2
	Meer	336	0,1

Tabelle 5

Für den Zubau an WKA stehen neben den sich selbst ausschließenden Flächen wie Siedlung, Verkehr und Gewässer nur die Vegetation zur Verfügung und hier praktisch nur die Flächen der Landwirtschaft. Denn alle anderen vor allen der Wald sollte in Ruhe gelassen werden zum Erhalt unserer Natur und damit einer noch einigermaßen intakten Umwelt. Was von der Landwirtschaftsfläche auf Grund des Abstandes von 1.000 m von Siedlungen ab 5 Häusern noch verbleibt ist ad hoc nicht einzuschätzen. Na denn, auf in den Kampf !

Das eben dargestellte betrifft nur die Situation der Jahre 2019/2020 und den erforderlichen Zubau. Die gesamte nach dem Zubau mit WKA belegte Fläche wäre dann ca. 46.200 km<sup>2</sup>. Bei Realisierung der angekündigten kompletten Umstellung auf ökologisch erzeugten Strom und Wasserstoff, was in vielen Fällen physikalisch und technisch gar nicht möglich ist, hätten wir mindestens den dreifachen Flächenbedarf von größer 90.000 km<sup>2</sup> bzw. eine Fläche von 139.000 km<sup>2</sup> belegt. Die Konkurrenz zur Lebensmittelerzeugung wäre dann voll gegeben, weil dann nur noch um die Windräder herum gearbeitet werden kann.

Die Situation Fotovoltaik bezogen auf den Flächenbedarf soll hier der Windkraft nicht gegenüber gestellt werden. Pauschal ergibt sich unter gleichen Anforderungen ein geringerer Bedarf an Fläche aber mit dem Nachteil, daß eine landwirtschaftliche Nutzung zwischen den Reihen bzw. unter aufgeständerten Anlagen nicht mehr sinnvoll möglich ist.

Ein Fakt, der bisher offiziell, d.h. bei Politik und in Massenmedien nicht in Erscheinung tritt, ist der Wärmeeintrag durch die WKA in die Atmosphäre. Je nach Windgeschwindigkeit, bei kleineren Anlagen zwischen 3 und 30 m/s und bei größeren (oberhalb der 3 MW Klasse) von ca. 5 bis 25 m/s, sowie Rotordrehzahlen zwischen 5 und 20 pro Minute entsteht im Staupunkt am Rotorflügel durch den Verdichtungsstoß zur Umgebung eine Temperaturerhöhung. Die Staupunkttemperatur liegt je nach aktuellen Betriebsparametern und Windradgröße zwischen ca. 1 °C und im Extremfall bis 10 °C. Die Temperaturerhöhung ist proportional zur Größe der Rotorfläche, der Rotordrehzahl und zur Windgeschwindigkeit. Der Einfluß auf die Umgebung eines Windparks durch Wärmeübergang ist ein umfangreiches separates Thema und bedarf einer speziellen Untersuchung in Abhängigkeit von der Bestandsdichte an Anlagen.



Windpark

Ein Riesenkomplex, der bisher kaum Beachtung findet, ist die Deckung des Wärmebedarfs von Industrie und Bevölkerung. Nach aktuellem Stand kommt dafür nur elektrischer Strom in Frage. Womit wird der Bedarf an Prozeßdampf und Wärme gedeckt, wenn keine fossilen Energieträger mehr zum Einsatz kommen? Die stark geförderte Kraft-Wärme-Kopplung wird kaum noch zum Einsatz kommen können. Einzige Relevanz besitzt dann nur die Verbrennung von Wasserstoff zur Stromgewinnung. Aber wie ist Wasserstoff wirtschaftlich zur Verfügung zu stellen, ohne aus Sicht der Thermodynamik und Verfahrenstechnik nicht unbezahlbaren großen Unfug zu betreiben? Von aufgewendeten 55 kW Strom für die Elektrolyse zum Erhalt von 1 kg Wasserstoff sind am Ende nach weiterer Umwandlung in Strom nur noch 20 kW nutzbar.

**Fazit.** Bei der Beschränkung auf sogenannte erneuerbare Energie wird die ökologische Energiewende auf Basis des „Erneuerbare-Energien-Gesetzes“ auf Grund von Platzmangel wohl ein ewiger Traum bleiben. Ein besseres Konzept ist notwendig.