



Cinis - Quo vadis?

Dirk Brandenburger

1. Einführung

Diese Frage hört man in letzter Zeit sehr oft. Gemeint ist damit allerdings nicht die Frage nach der Zugrichtung der Asche aus dem fast unaussprechbaren Vulkan auf Island, des Eyjafjallajökull, die den Flugverkehr in weiten Teilen Europas lahm gelegt hat und damit eher in schlechter Erinnerung ist. Diese Frage bezieht sich auf Steinkohlenflugasche, die im Gegensatz dazu durchweg positiv besetzt und in Deutschland seit vielen Jahren als Baustoff und insbesondere als Zusatzstoff für Beton etabliert und höchst willkommen ist. Rund 3,5 Mio. t dieses Stoffes werden jährlich in zementgebundenen Baustoffen in Deutschland verarbeitet und tragen dazu bei, den Beton sowohl aus qualitativer als auch preislicher Sicht zu verbessern. Kein Betontechnologe würde heute ernsthaft darauf verzichten wollen. Obwohl gerade in jüngster Zeit die Frage der bedarfsgerechten Verfügbarkeit von Steinkohlenflugasche erneut auf der Tagesordnung steht, ist hier in Deutschland nach wie vor ein im internationalen Vergleich immer noch hohes Versorgungsniveau zu verzeichnen. Es stehen riesige Silokapazitäten zur Verfügung, um die saisonale Differenz zwischen Produktion und Bedarf zu puffern und Steinkohlenflugasche als Produkt zu vermarkten.

Die Nachfrage nach qualitativ hochwertiger Steinkohlenflugasche ist ungebrochen und weiterhin auf einem hohen Niveau, obwohl sich in den letzten 10 - 15 Jahren im Hauptabsatzmarkt, dem Transportbeton, tief greifende Veränderungen vollzogen haben. Die Menge an Beton hat sich drastisch reduziert. Der Absatz an Steinkohlenflugasche in diesen Bereich ist aber konstant geblieben. In den Sommermonaten zyklisch wiederkehrende Versorgungsengpässe zeigen, dass der Bedarf an entsprechenden Produkten eigentlich noch höher ist und nicht voll befriedigt werden kann. Umso erstaunlicher ist es, dass Kraftwerksbetreiber immer noch zögerlich reagieren, wenn es darum geht, in nachhaltige und auf die Verwertung eines Nebenproduktes ausgerichtete Konzepte zu investieren.

Der heute erreichte Entwicklungsstand dokumentiert sich auch darin, dass sich

Anwender zunehmend Gedanken um die Zukunft der Steinkohlenflugasche machen. Teile der energetischen Basis unserer Gesellschaft sind in Frage gestellt und Steinkohlenflugasche als ein Koppelprodukt der Erzeugung von Strom aus Steinkohle ist, egal in welche Richtung zukünftige Entwicklungen verlaufen, betroffen. Heute gültige Rahmenbedingungen des Einsatzes von Steinkohlenflugasche stehen damit gleichermaßen in Frage. Wird weniger Steinkohlenflugasche produziert, ist das heutige Versorgungsniveau mit Steinkohlenflugasche nicht mehr zu halten und Wirtschaftsteilnehmer müssen auf andere Lösungen zurückgreifen. Wird mehr Steinkohlenflugasche als heute produziert, steht die Frage im Raum, was soll mit den Mehrproduktionsmengen geschehen? Drücken diese in einen heute stabilen Markt und bringen diesen aus dem Gleichgewicht? Sind andere Anwendungskonzepte nötig und möglich, die eine nachhaltige Verwertung der größeren Produktionsmengen an Steinkohlenflugasche sicherstellen? Die Entwicklung und Umsetzung solcher Konzepte ist nicht von heute auf morgen getan. Umso wichtiger ist es, möglichst langfristig abzuschätzen, in welche Richtung zukünftige Entwicklungen verlaufen könnten. Angesichts der möglichen Tragweite für alle am Prozess beteiligten Wirtschaftsteilnehmer ist es wenig hilfreich mit trivialen Zukunftsszenarien aufzuwarten, die zu falschen Schlussfolgerungen mit entsprechenden Folgen für alle Beteiligte führen können. Letztendlich ist das auch nicht notwendig, denn Steinkohlenflugasche als Koppelprodukt der Erzeugung von Strom aus Steinkohle sollte irgendwie mit der zukünftigen Entwicklung der Erzeugung von Strom im Allgemeinen und der aus Steinkohle im Besonderen verbunden sein.

Zur zukünftigen Entwicklung der Erzeugung von Strom gibt es umfangreiche Studien, die von unterschiedlichen Organisationen in Auftrag gegeben wurden und mögliche Szenarien der Versorgung mit Energie und somit auch mit Strom in Deutschland bis 2020 oder sogar 2030 tiefgründig auf der Basis von vielen beeinflussenden Faktoren untersuchen.

2. Grundlagen

Welche Faktoren beeinflussen zukünftige Versorgungsszenarien? An erster Stelle ist hier das Thema CO₂ zu nennen. Ein großer Teil des in Deutschland emittierten CO₂ entstammt Prozessen der Stromgewinnung. Die energetische Basis der menschlichen Gesellschaft ist von Anbeginn an bis in die heutige Zeit hinein zum überwiegenden Teil das Feuer, d. h. die chemische Umwandlung von Kohlenstoff in CO₂. Die Emission von CO₂ muss reduziert werden.

Aber auch der zukünftige Umgang mit der Kernenergie und den erneuerbaren Energien hat einen wesentlichen Einfluss auf die Stromerzeugung. Selbstverständlich spielen auch Themen wie die demografische und die wirtschaftliche Entwicklung, die Entwicklung des Wohlstandes, des technischen Fortschritts und der Einzug neuer Technologien in die praktische Nutzung und die damit einhergehende Entwicklung des Strombedarfes eine Rolle. So wechselt nicht jeder im privaten Bereich gleich seinen Kühlschrank oder seine Waschmaschine aus, nur weil es Geräte gibt, die weniger Strom verbrauchen. Einmal angeschaffte Maschinen in der Industrie werden über mehrere Jahre genutzt, bevor sie durch neue, effizientere ersetzt werden. Kraftwerke, die heute gebaut werden, werden bis zu ihrer Amortisation betrieben. Der Wandel auf der Seite des Stromverbrauchs, also die Energieeffizienz entsprechender Verbraucher, wird eher langfristiger Natur sein.

Die Entwicklung von Weltmarktpreisen für und die Verfügbarkeit von Primärenergieträgern und die sich daraus und aus anderen Faktoren ableitende Entwicklung der Strompreise können einen entscheidenden Einfluss ausüben. Sollte der Strompreis drastisch steigen, erhöht sich automatisch auch der wirtschaftliche Druck in allen Bereichen mit Strom sparsamer umzugehen.

Aus den einzelnen hier nur angerissenen Themen und den heute laufenden Diskussionen kann man erkennen, dass es ganz gewiss nicht einfach ist, zielsichere Prognosen für zukünftige Entwicklungen für den Strom aus Steinkohle aufzustellen. Wir haben es hier mit einem sehr komplexen und ganz und gar nicht trivialen System zu tun. Zusammenhänge sind nur schwer zu durchschauen. Faktoren können sich auch gegenseitig beeinflussen oder hängen nicht unwesentlich von politischen Entscheidungen und Situationen innerhalb und außerhalb Deutschlands ab. Wir haben es mit einem chaotischen System zu tun.

Nichts desto trotz gibt es in diesem System Konstanten, auf deren Basis man zumindest eine ungefähre Abschätzung zukünftiger Entwicklungen vornehmen bzw. Szenarien mit Korridoren entwerfen kann. Eine dieser Konstanten ist zum Beispiel das Thema CO₂. Mit Gewissheit kann man davon ausgehen, dass in der Zukunft insgesamt weniger CO₂ emittiert werden wird, als es heute der Fall ist. Deutschland hat internationale Vereinbarungen für die Reduzierung des CO₂-Ausstosses unterzeichnet, die mit Sicherheit auch umgesetzt werden. Darüber hinaus gibt es weitere Ereignisse, von denen man zumindest mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit ausgehen kann und die das System in entsprechender Weise beeinflussen werden. Weiterhin ist als fixer Punkt der momentane Stand und damit der Ausgangspunkt für zukünftige Entwicklungen bekannt.

Gibt man all diese Parameter in eine Matrix ein, kann man zwar keine genauen Voraussagen erwarten, jedoch ist es möglich, Trends zu formulieren, was gegenüber einem chaotisch erscheinenden System einen ungeheuren Fortschritt wäre.

3. Was ist der heutige Stand?

Auf Grund der Besonderheiten des Jahres 2009 - Wirtschafts- und Finanzkrise - auf die später noch näher einzugehen ist, sollte man zur Bestimmung des Ist-Standes das Jahr

2008 heranziehen. In Tabelle 1 sind die statistischen Daten der Stromerzeugung und des Gesamtverbrauches für die Jahre 2007 bis 2009 dargestellt.

Tabelle 1 - Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern¹

Energieträger	2007 TWh	2008* TWh	2009* TWh
Braunkohle	155,1	150,6	146,5
Kernenergie	140,5	148,8	134,9
Steinkohle	142,0	124,6	109,0
Erdgas	75,9	86,7	77,0
Mineralöl	9,6	9,2	12,5
Wasserkraft	28,1	26,5	24,5
Windkraft	39,7	40,6	37,8
Übrige	46,4	50,3	54,6
Bruttoerzeugung	637,3	637,3	596,8
Stromimport	44,3	40,2	40,5
Stromexport	63,4	62,7	54,8
Stromimportsaldo	-19,1	-22,5	-14,3
Stromverbrauch einschl. Netzverluste	618,2	614,8	582,5

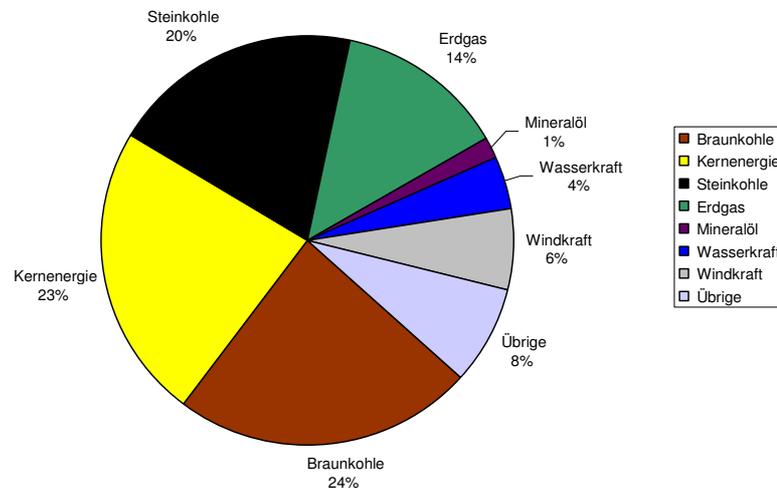
* vorläufige Zahlen

Quellen: Statistisches Bundesamt, BDEW-PGr "Strombilanz"

Die Stromerzeugung in Deutschland basiert auf einem breiten Energiemix, der fast alle verfügbaren Primärenergieträger einbezieht. Sie ist bezogen auf die einzelnen Energie-

träger aus unterschiedlichen Gründen schon immer gewissen Schwankung unterworfen. Die Gründe hierfür können vielfältig sein.

Diagramm 1 - Energiemix Deutschland 2008



Hauptenergieträger in Deutschland sind Braunkohle, Kernenergie und Steinkohle. Aus diesen Energieträgern wurden bisher zwischen 65 - 75 % des in Deutschland erzeugten Stroms produziert. Zunehmend gewinnen die erneuerbaren Energien aber auch das Erdgas als Primärenergieträger an Bedeutung. Da der Strombedarf in Deutschland nicht steigt, muss sich der Zuwachs bestimmter Energieträger auf die verbleibenden Energieträger durch entsprechende Reduzierungen auswirken. In Prognosen wird davon ausgegangen, dass der Strombedarf trotz zunehmender Bedeutung von Strom als Energieträger im wirtschaftlichen und privaten Bereich weiter sinken wird. Steinkohle als Primärenergieträger für die Erzeugung von Strom hat entsprechend

Tabelle 1 eine sinkende Tendenz. Insbesondere im Jahr 2009, welches durch eine auf Grund der Wirtschafts- und Finanzkrise gesunkene Stromnachfrage gekennzeichnet war, ist eine überdurchschnittlich gesunkene Stromproduktion auf Basis Steinkohle zu verzeichnen. Während die Stromnachfrage in 2009 gegenüber 2008 um ca. 6 % nachgelassen hat, ist die Stromproduktion auf Basis Steinkohle überdurchschnittlich um ca. 13 % eingebrochen. Folglich ist in 2009 auch entsprechend weniger Steinkohlenflugasche erzeugt worden, was mit entsprechenden Folgen für den betreffenden Markt verbunden war. Das Jahr 2009 kann somit als Indiz für die hohe Dynamik der ablaufenden Prozesse gesehen werden.

4. Welche Entwicklungen sind zukünftig zu erwarten?

Hinsichtlich zukünftig möglicher Entwicklungen gibt es eine Reihe von Studien, die für unterschiedliche Auftraggeber von unterschiedlichen Institutionen erarbeitet worden sind. Im Großen und Ganzen zeichnen die Studien ähnliche Tendenzen auf. Die wohl umfangreichste Studie ist die Studie von Prognos AG und EWI (Energiewirtschaftli-

ches Institut an der Universität zu Köln), die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie für den Energiegipfel 2007 (Endbericht Energieszenarien für den Energiegipfel 2007²⁾) erarbeitet wurde. Im Endbericht wurden 3 unterschiedliche Szenarien abgebildet:

- Szenario KV:** Das Szenario „Koalitionsvertrag“ (Legislaturperiode: 18. Oktober 2005 bis 27. Oktober 2009) ist durch eine Verdoppelung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 2020 charakterisiert, für den Zeitraum 2005 bis 2020 bedeutet das einen durchschnittlichen jährlichen Anstieg um 3 %.
- Szenario EE:** Das Szenario „Stärkerer Ausbau erneuerbarer Energien“ sieht gegenüber dem Szenario KV einen schnelleren Ausbau der erneuerbaren Energien vor.
- Szenario KKW:** Das Szenario „Längere Laufzeiten von Kernkraftwerken“ geht von einer gegenüber dem Szenario KV um 20 Jahre verlängerten Laufzeit von Kernkraftwerken aus. Ergänzend wurde zum Szenario KV eine Sensitivität gerechnet, die anstelle einer 3-prozentigen jährlichen Steigerung der Energieproduktivität eine 2-prozentige Produktivitätssteigerung unterstellt.

Der Endbericht 2007 kommt zu folgenden Aussagen (Zitat aus ¹ - Seite 1 & 2):

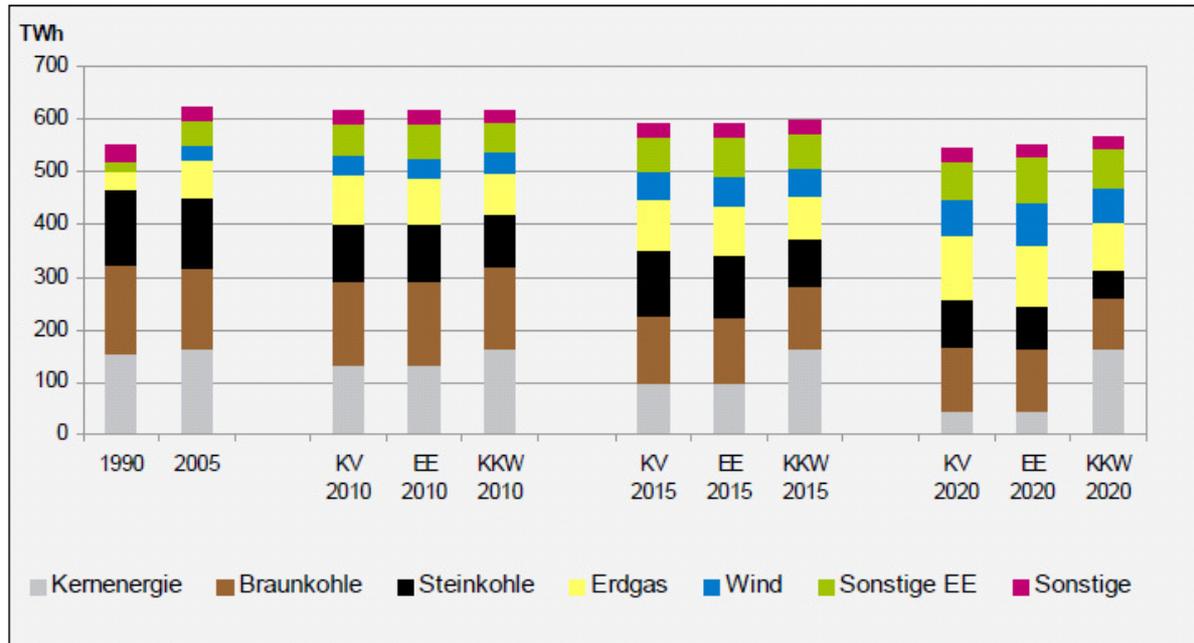
***Primärenergieverbrauch:** Der Primärenergieverbrauch sinkt in den Szenarien bis 2020 zwischen gut 13 % (KKW) und 17 % (KV), die Energieproduktivität steigt um rund 3 % p.a. Der Verbrauch von Öl, Erdgas und Kohle verringert sich in allen Szenarien zwischen 2005 und 2020. Den stärksten Rückgang weist das Szenario KKW auf (Öl: -18 %, Erdgas: -7,7 %, Kohle: -49,3 %). Der Anteil der Erneuerbaren im Energiemix steigt von 4,9 % 2005 bis 2020 auf maximal 16,8 % (Szenario EE).*

***Elektrizitätserzeugung:** In den Szenarien KV und EE haben die erneuerbaren Energien im Jahr 2020 den höchsten Anteil an der Stromerzeugung, in Szenario KKW nach der Kernenergie den zweithöchsten. Langfristig verliert in allen Szenarien emissionsintensive Kohleverstromung Erzeugungsanteile, während sich der Anteil erdgasbasierter Stromerzeugung insbesondere in den Szenarien KV und EE deutlich erhöht. Die Stromerzeugung auf Basis Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) steigt annahmegemäß bis 2020 auf 23 % des Bruttostromverbrauchs.*

***Energiebedingte Emissionen:** Die energiebedingten Treibhausgasemissionen weisen in den Szenarien einen erheblichen Rückgang auf. Im Szenario KV liegen die Emissionen 2020 im Vergleich zum Kyoto-Basisjahr 1990 um 39,1 % niedriger, im Szenario EE beträgt der entsprechende Wert 41,3 %, im Szenario KKW 45,3 %.*

Abbildung 1³

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern 1990 – 2020



Quelle: Prognos/EWI

Unabhängig vom gewählten Szenario ist ein deutlicher Rückgang der Stromerzeugung auf Basis Steinkohle in den Jahren bis 2020 zu verzeichnen. Besonders deutlich fällt der Rückgang im Szenario KKW d. h. bei verlängerter Laufzeit der Kernkraftwerke aus. Der Bericht kommt weiterhin zu dem Schluss, dass die durchschnittliche Auslastung des gesamten Kraftwerksparks sinkt, was an der zunehmenden Erzeugung auf Basis erneuerbarer Energien mit relativ niedrigen Jahresvolllaststunden (Wind, Photovoltaik) und dem steigenden Regelleistungs- und Reservekapazitätsbedarf aufgrund zunehmender volatiler Windeinspeisung liegt. Im Szenario EE liegt die durchschnittliche Auslastung von Kohlekraftwerken unter der des Szenario KV. Maßgeblich hierfür ist das ungünstigere residuale Lastprofil, das verbleibt, nachdem die forcierte Stromeinspeisung aus erneuer-

baren Energien von der Stromnachfrage abgezogen ist.

Weiterhin stellt der Bericht fest: *Im Szenario KKW mit längeren Laufzeiten der Kernkraftwerke verlieren Kohlekraftwerke gegenüber dem Szenario KV an Volllaststunden. Dies spiegelt den gegenüber Szenario KV durch zusätzliche Kernenergiestromerzeugung stärkeren Verdrängungswettbewerb im wettbewerblichen Teil des Strommarkts, der durch zunehmende EE-Einspeisung ohnehin schrumpft.*

Sieht man sich die jüngsten Entwicklungen des Jahres 2009 an und lässt für einen Moment die ohne Frage vorhandenen Sondereinflüsse durch die Wirtschafts- und Finanzkrise außer acht, könnte man meinen, erste Ansätze der prognostizierten Tendenz erkennen zu können. Allerdings wäre ein derartiger Rückschluss auf Grund der geringen Datenbasis sehr spekulativ.

Tabelle 2 - Bruttostromerzeugung und Energieträgereinsatz 2005 bis 2020, in TWh, PJ und %⁴

	2005	Szenario KV			Szenario EE			Szenario KKW		
		2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Bruttostromerzeugung nach Einsatzenergieträgern [TWh]										
Wasser	28,6	29,5	30,7	31,0	30,3	31,0	31,5	29,8	30,7	31,0
Kernkraft 2)	163,0	133,1	99,1	45,9	133,1	99,1	45,9	165,1	165,1	163,9
Steinkohle	134,1	110,3	126,2	91,1	108,4	116,5	81,5	97,3	90,6	52,7
Braunkohle	154,1	159,0	127,9	120,0	158,9	125,9	116,8	155,6	116,0	96,2
Erdgas	71,0	90,9	94,6	124,6	85,8	90,9	114,3	78,0	82,5	90,7
Heizöl	11,6	9,2	7,9	5,4	9,0	7,6	5,1	9,0	7,8	5,3
andere nichterneuerbare Brennstoffe	13,2	14,2	15,3	16,4	14,2	15,2	16,4	14,2	15,3	16,4
Windenergie	27,5	40,8	52,4	64,9	41,4	58,7	82,0	40,8	52,4	64,9
Photovoltaik	1,6	4,5	6,1	6,9	4,9	8,1	11,2	4,5	6,1	6,9
Geothermie	0,0	0,2	0,7	1,3	0,5	1,7	4,0	0,2	0,7	1,3
andere erneuerbare Brennstoffe	15,7	21,3	28,1	34,6	26,9	34,9	40,9	21,3	28,1	34,6
Insgesamt	620,4	613,0	589,0	542,1	613,4	589,6	549,6	615,8	595,3	563,9
Brennstoffeinsatz (bzw. primärenergetische Bewertung nach Energiebilanz), PJ										
Wasser	114	117	121	122	119	122	124	118	121	122
Kernkraft 2)	1.779	1.452	1.082	500	1.452	1.082	500	1.802	1.801	1.788
Steinkohle	1.184	925	1.038	733	913	951	665	830	743	428
Braunkohle	1.492	1.380	1.077	1.004	1.378	1.060	978	1.349	982	808
Erdgas	457	570	592	744	535	567	684	493	519	550
Heizöl	100	79	66	44	77	63	42	77	65	44
andere nichterneuerbare Brennstoffe	127	131	138	143	131	138	143	131	138	143
Windenergie	99	147	189	234	149	211	295	147	189	234
Photovoltaik	6	16	22	25	18	29	40	16	22	25
Geothermie	1	8	24	46	17	61	143	8	24	46
andere erneuerbare Brennstoffe	137	170	217	255	215	270	302	170	217	255
Insgesamt	5.496	4.995	4.566	3.850	5.004	4.554	3.916	5.141	4.821	4.443
Brennstoffeinsatz in % in Vergleich zu 2005										
Wasser	100%	103%	106%	107%	104%	107%	109%	104%	106%	107%
Kernkraft 2)	100%	82%	61%	28%	82%	61%	28%	101%	101%	101%
Steinkohle	100%	78%	88%	62%	77%	80%	56%	70%	63%	36%
Braunkohle	100%	92%	72%	67%	92%	71%	66%	90%	66%	54%
Erdgas	100%	125%	130%	163%	117%	124%	150%	108%	114%	120%
Heizöl	100%	79%	66%	44%	77%	63%	42%	77%	65%	44%
andere nichterneuerbare Brennstoffe	100%	103%	109%	113%	103%	109%	113%	103%	109%	113%
Windenergie	100%	148%	191%	236%	151%	213%	298%	148%	191%	236%
Photovoltaik	100%	267%	367%	417%	300%	483%	667%	267%	367%	417%
Geothermie	100%	800%	2400%	4600%	1700%	6100%	14300%	800%	2400%	4600%
andere erneuerbare Brennstoffe	100%	124%	158%	186%	157%	197%	220%	124%	158%	186%

Aus Tabelle 2 sind die sich aus den Szenarien abzuleitenden Einsätze an Primärenergie zu entnehmen. In allen Szenarien ist der Brennstoffeinsatz für Steinkohle zur Stromerzeugung rückläufig! Der Brennstoffeinsatz reduziert sich danach je nach Szenario und Jahr im Vergleich zu 2005 um 12 % bis 64 %. Bei einem angenommenen gleich bleibenden Aschegehalt in der Steinkohle von heute ca. 10 % wäre in der Folge mit einer entsprechenden Entwicklung der Produktion an Steinkohlenflugasche zu rechnen. Selbst bei einer angenommenen Steigerung des Aschegehaltes in der Steinkohle von heute durchschnittlich 10 % auf maximal mögliche Werte von durchschnittlich 16 %, da anzunehmen ist, dass hochwertige Steinkohle mit geringen Aschegehalten zukünftig immer weniger verfügbar sein wird, ist allenfalls eine Kompensation des reduzierten Einsatzes an Steinkohle und eine dadurch bedingten Reduzierung der Produktion an Steinkohlenflugasche möglich. Sollte dieser eher unwahrscheinliche Fall eintreten, wird zukünftig nicht mehr Steinkohlenflugasche produziert, als heute. 2020 ist aber auch in diesem Fall mit einem deutlichen

Rückgang der Produktion an Steinkohlenflugasche zu rechnen, sofern die darstellten Szenarien Wirklichkeit werden würden. Steinkohle mit einem Aschegehalt von < 16 % kann in den Steinkohlenkraftwerken, die heute neu gebaut werden, nicht eingesetzt werden, da die Anlagentechnik nicht darauf ausgelegt ist. Höhere Aschegehalte in der Kohle würden damit zwangsläufig zu einer Leistungsreduzierung führen, da Elektrofilter und die gesamte nachgeschaltete Förder-technik die bei Vollast erzeugten Aschemengen nicht mehr bewältigen könnte. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Durchschnittswert von 16 % Asche in der Kohle jemals manifestiert, ist als eher gering einzuschätzen. Angesichts der dargestellten Energieszenarien ist zukünftig eine Reduzierung der verfügbaren Mengen an Steinkohlenflugasche sehr wahrscheinlich.

Jedoch ist man bei allen drei hier dargestellten Szenarien von einer jährlichen Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Energieproduktivität von durchschnittlich 3 % ausgegangen. Dieses Ziel wird auf Basis der bisherigen historischen Entwicklungen als

äußerst ambitioniert dargestellt und setzt energiepolitische Maßnahmen in allen Verbrauchsbereichen voraus. Aber selbst wenn nur eine jährliche Steigerung der Ener-

gieproduktivität von 2 % erreicht werden würde, würde im günstigsten Fall nicht mehr Steinkohlenflugasche erzeugt werden, als heute verfügbar ist.

5. Zusammenfassung

Die energetische Basis Deutschlands steht aus unterschiedlichen Gründen vor einem tief greifenden Wandel. Bereits heute wird Kohle als Energieträger kritisch diskutiert. In der Folge wird die Bedeutung der Kohle und insbesondere der Steinkohle als Primärenergieträger sinken. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig weniger Strom aus Steinkohle erzeugt wird. Im Ergebnis dessen wird auch

die Produktion von Steinkohlenflugasche tendenziell sinken. Allenfalls ist unter "günstigen" Randbedingungen mit einer im Vergleich zu heute gleich bleibenden Produktion an Steinkohlenflugasche in Deutschland zu rechnen. Auch ein tendenziell steigender Aschegehalt in der Steinkohle kann diese Entwicklung nicht vollständig kompensieren.

¹ [http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Brutto-](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Brutto-Stromerzeugung_2007_nach_Energietraegern_in_Deutschland?open&Highlight=)

[Stromerzeugung_2007_nach_Energietraegern_in_Deutschland?open&Highlight=](http://www.bdew.de/bdew.nsf/id/DE_Brutto-Stromerzeugung_2007_nach_Energietraegern_in_Deutschland?open&Highlight=)

² Endbericht - Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 (Inklusive Anhang 2 %-Variante)

- Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie - Prognos AG / EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln - Basel/Köln, 1. Nov. 2007

³ Endbericht - Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 (Inklusive Anhang 2 %-Variante) - Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie - Prognos AG / EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln - Basel/Köln, 1. Nov. 2007 - Seite 11

⁴ Endbericht - Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 (Inklusive Anhang 2 %-Variante) - Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie - Prognos AG / EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln - Basel/Köln, 1. Nov. 2007 - Tabelle 7.1-5 - Seite 120

BauMineral GmbH, Hiberniastrasse 12, 45699 Herten

Internet: www.baumineral.de

Telefon: +49 2366 5090

Herten, 26.07.2010