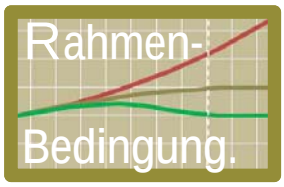
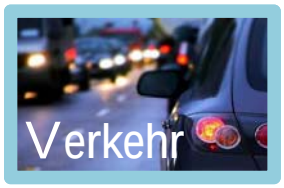
Ansatz-Hilfen zur Szenariogestaltung



Ra. Bevölkerung
Rb. Bruttoinlandsprodukt
Rc. Selbstversorgung

Ga. Beheizte Flächen
Gb. Wärmeschutz
Gc. Wärmepumpe

BAG
Planen, Bauen, Wohnen



Va. Verkehrsleistung
Vb. Modalsplit
Vc. Elektrotraktion *

BAG
Mobilität & Verkehr

Pa. Materialdurchsatz
Pb. Brennstoffanteil
Pc. Grundstoffsynthese

Bei Interesse:
Bildung einer
Ad hoc-Arbeitsgruppe

Ea. Solarenergie
Eb. Windenergie
Ec. Bioenergie

BAG
Energie

*) Fahrzeuge mit Elektroantrieb (Batterie, Oberleitung, Induktionsschleifen, Stromschienen)

Pa. Materialdurchsatz

Bedeutung

Der Energieverbrauch für die industrielle und gewerbliche Produktion von Gütern und Waren liegt heute bei 27% des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland (2.606 TWh/a), 19% entfallen auf Prozesswärme (491 TWh/a) und 8% auf die übrigen Stromverbraucher Kraft, Licht, Information/Kommunikation und Kälte (206 TWh/a). [S.4.101] [S.4.36] [S.4.191]

Hier wird davon ausgegangen,
- dass das Energiebedarfsniveau (ohne Effizienzsteigerungen, die gesondert berücksichtigt werden) durch das Volumen der stofflichen Produktion, dem Materialdurchsatz, bestimmt wird;
- dass Produktionsvolumen bzw. Materialdurchsatz von der Entwicklung der Wirtschafsleistung, dem Bruttoinlandsprodukt (BIP), abhängen:

Wächst das BIP, wachsen Materialdurchsatz und Energiebedarf.

In den 26 Jahren von 1991 bis 2016 wuchs das BIP je Einwohner in Deutschland um 36%*, das entspricht einer durchschnittlichen exponentiellen Wachstumsrate von 1,2% pro Jahr.

*) Statistische Änter des Bundes und der Länder, Bruttoinlandsprodukt. Revision 2014, Berechnungsstand August 2017/Februar 2018. Tabelle 'Bruttoinlandsprodukt - preisbereinigt, verkettet - je Einwohner in Deutschland'.

https://www.statistik-bw.de/VGRdL/tbls/tab.jsp?rev=RV2014&tbl=tab02&lang=de-DE

Bei Fortschreibung der Wachstumsrate von 1,2% jährlich würde das BIP je Einwohner im Jahr 2050 auf 150% angewachsen sein (100%=Statusjahr) und anschließend weiter wachsen.

Unter der Annahme, dass das Niveau des Endenergiebedarfs dem BIP-Wachstum nicht proportional, sondern unterproportional mit dem Faktor 0,5 folgt (Teilentkoppelung), wäre zum Jahr 2050 mit einem Anstieg bei Prozesswärme und Strom jeweils auf 125% gegenüber dem Statusjahr zu rechnen. [D.1.736]

Hintergrund für diese Annahme ist eine weiter zurückgehende Materialintensität der künftigen Produktpalette, wie dies beispielsweise in der Datenverarbeitung mit dem Trend zu immer kleineren Geräten zu beobachten ist. [S.4.102] [S.4.37]

Zielansatz im Startszenario

Energiebedarfsniveau Prozesswärme pro Person bleibt auf Statusniveau: 100% [S.4.102]

Energiebedarfsniveau Strom Industrie&Gew. /Person bleibt auf Statusniveau: 100% [S.4.37]

Begründung

Eine Aufrechterhaltung des bisherigen materiellen Wachstums ist auf Dauer prinzipiell nicht möglich.

Wenn damit eine Abkehr vom Wachstum unausweichlich ist, stellt sich die Frage, auf welchem Niveau die Ansprüche an Produktionsvolumen und Materialdurchsatz dauerhaft stabilisiert werden sollten.

Hier wird davon ausgegangen, dass sich durch fortwährende Ausweitung des Warenkonsums und der materiellen Ansprüche die Lebenszufriedenheit nicht mehr wesentlich steigern ließe. Andererseits kann so eine höhere Belastung durch Energieerzeugung und Bereitstellung vermieden werden.

Herausforderungen

Die Wachstumszwänge sind dem bestehenden Wirtschaftssystem immanent. Deren Überwindung erfordert einen grundlegenden System- und Bewusstseinswandel, der einige Zeit in Anspruch nehmen wird. Bis dahin ist noch mit einem weiteren Anstieg von Materialdurchsatz und Energiebedarf zu rechnen. Fraglich ist, inwieweit die gesellschaftliche Willensbildung danach wieder auf ein niedrigeres Niveau an Materialdurchsatz und Energiebedarf zurück führt.

Der folgenden Beispielvariante liegt die Annahme zugrunde, dass sich der bisherige Wachstumstrend verlangsamt und bis zum Jahr 2050 endgültig beenden ließe, dabei wäre noch mit der Hälfte des Zuwachses von ungebremstem Wachstum zu rechnen.

Beispielvariante: Entlastung Postwachstums-Übergang durch Restwachstum

Energiebedarfsniveau Prozesswärme pro Person (100%=Status): 113% [S.4.102]

Energiebedarfsniveau Strom Industrie&Gew. /Person (100%=Status): 113% [S.4.37]

> Der Endenergieverbrauch für Prozesswärme (Brennstoffe und Strom) würde dadurch 10,3% höher als im Startszenario (374 > 412 TWh/a) liegen. [S.4.120]

> Der Endverbrauch von Strom in Industrie&Gewerbe für Kraft, Licht, Information&Kommunikation und Kälte (ohne Strom für Prozesswärme) würde dadurch 12,5% höher als im Startszenario (206 > 232 TWh/a) liegen. [S.4.38]

> Zur Deckung wäre bespielsweise eine Ausweitung der onshore-Windparkflächen gegenüber Startszenario um 18% (2,1 > 2,5% der Bodenfläche) erforderlich. [S.1.34]

Beispielvariante: Entlastung Energieerzeugung durch längere Produktnutzung

Dieser Variante liegt die Annahme zugrunde, dass die produzierten Güter länger genutzt und damit nicht so schnell durch neue ersetzt werden müssen.

Zum einen wird ein Teil der Einwegartikel durch Mehrwegartikel ersetzt. Zum anderen werden die Produkte auf längere Lebensdauer ausgelegt und so die Produktzyklen verlängert. Außerdem wird durch Sharing-Konzepte eine intensivere Nutzung und ein geringerer Bedarf an Geräten erreicht. Mit den genannten Ansätzen ist es möglich, den jährlichen Ausstoß an Produkten zu vermindern ohne Einbußen am Nutzen durch diese Produkte.

Hier wird von einer Verlängerung der durchschnittlichen Produktnutzungsdauer um 50% ausgegangen. Das jährliche Produktionsvolumen und damit das Energiebedarfsniveau verringern sich dadurch auf 67%. Der Energiebedarf für die in den längeren Nutzungszyklen vermehrt erforderlichen Reperaturen wird mit zusätzlichen 8% angenommen, so dass das Bedarfsniveau bei 75% gegenüber dem Status liegt:

- Energiebedarfsniveau Prozesswärme pro Person (100%=Status): 75% [S.4.102]
- Energiebedarfsniveau Strom Industrie&Gew. /Person (100%=Status): 75% [S.4.37]
- Güterverkehrsleistung /Person (100%=Status): 75% [S.4.151]
- Grundstoffe/Person (100%=Status, Startszenario 50%): 38% (ein Viertel reduziert) [S.4.195]

> Der Endenergieverbrauch für Prozesswärme (Brennstoffe und Strom) läge dadurch um 20% niedriger, als im Startszenario (374 > 298 TWh/a) liegen. [S.4.120]

> Der Endverbrauch von Strom in Industrie&Gewerbe für Kraft, Licht, Information&Kommunikation und Kälte (ohne Strom für Prozesswärme) läge um 25% niedriger als im Startszenario (206 > 154 TWh/a). [S.4.38]

> Dadurch wäre eine Reduzierung der Energieerzeugung möglich, beispielsweise 30% weniger onshore-Windparkflächen gegenüber Startszenario (2,1 > 1,5% der Bodenfläche) und 41% weniger Solarfreiflächen (2,5 > 1,5% der Landwirtschaftsfläche). [S.1.34] [S.1.13]

51 **Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum**

52 Energiebedarfsniveau Prozesswärme pro Person: 100% wie Start-S. oder ----------

53 alternativ: folgt der Veränderung des BIP mit dem Faktor 0,5 oder ----------

54

55 Energiebedarfsniveau Strom Industrie&Gew. /Person: 100% wie Start-S. oder -------

56 alternativ: folgt der Veränderung des BIP mit dem Faktor 0,5 oder ----------

57 Wer hält das Pädoyer im Plenum (maximal 3 Minuten)?

_____

5

Pb. Brennstoffanteil

6 ## Bedeutung

7 Mit einem Anteil von 73% stammt die Prozesswärme in Industrie und Gewerbe heute überwiegend aus Brennstoffen, und zwar größtenteils fossiler Herkunft. [S.4.108]

Selbst bei Verwendung des gesamten Potenzials an biogenen Brennstoffen würden diese zur Substitution nicht ausreichen. Außerdem würde das zu Deckungslücken im Verkehrsbereich führen.

Das eng begrenzte Potenzial wird eine nennenswerte Ausweitung nicht zulassen. Und Biomasse-Importe zu diesem Zweck erscheinen angesichts der sich zuspitzenden Welternährungslage als nicht vertretbar.

10 Die verfügbaren Potenzaile an erneuerbaren Energien zeigen hingegen, dass allein bei **Strom aus Windenergie und Photovoltaik** eine Vervielfachung der heutigen Erzeugung möglich ist, der damit vermutlich zur **tragenden Säule** des künftigen Energiesystems wird.

11 Daher liegt es nahe, vor allem Strom für Prozesswärme einzusetzen. Vorteilhaft wäre auch, dass im Gegensatz zur Verbrennung von Biobrennstoffen die Wärmeerzeugung mit Strom nahezu verlustfrei und sauber erfolgt.

12 Allerdings lassen sich nicht alle Produktionsprozesse ohne weiteres auf Elektroöfen umstellen. Das betrifft auf offene Flamme oder auf kohlenstoffhaltige Brennstoffe angewiesene Prozesse (z. B. Eisenschmelze in Hochöfen).

13

14 ## Zielansatz im Startszenario

15 - Im Startszenario wird lediglich 44% der Prozesswärme aus Biobrennstoffen erzeugt. [S.4.108]

16 Dafür ist die Verwendung der folgenden Brennstoffe vorgesehen: [S.2.63]

17 - Die energetisch genutzten Holz- und Strohmengen zu 100%, [S.2.73]

18 - die Biogasmenge zu einem Viertel. [S.2.105]

19 - Der verbleibende Bedarf wird durch Einsatz von Wind- und Solarstrom in Elektroöfen gedeckt. [S.4.117]

21 ## Begründung

22 Die festen Biobrennstoffe Holz und Stroh erscheinen prädestiniert für Prozesswärme, da sie auf der einen Seite der bisher eingesetzten Kohle ähneln. Auf der anderen Seite kommt die Substition fossiler Energien in den Bereichen Stromerzeugung, Gebäudewärme oder im Verkehr auch gut ohne Holz und Stroh aus.

23 Beim Biogas wird nur die Menge für Prozesswärme verwendet, die über den Kraftstoffbedarf im Verkehrsbereich hinausgeht.

24 Im Gegensatz zur Verbrennung von Biobrennstoffen erfolgt die Wärmeerzeugung mit Strom nahezu verlustfrei. Daraus resultiert eine Energieeinsparung von 13% gegenüber dem heute eingesetzten Energiemix. [S.4.112]

25

26 **Herausforderungen**

27 Ungeklärt ist, ob die verbleibende Brennstoffmenge für alle darauf angewiesenen Prozesse ausreicht. Die folgende Beispielvariante geht daher von dem heutigen Brennstoffanteil aus. Die Deckungslücke wird dabei durch Wind- / Solarwasserstoff geschlossen.

28

29 **Beispielvariante: Entlastung Brennstoffmangel durch Wind-/Solarwasserstoff**

30 - Im Gegensatz zum Startszenario Einsatz von Wind-/Solarwasserstoff für Prozesswärme (0 > 122 TWh/a). [S.2.189]

31 > Der Brennstoffanteil an der Prozesswärme wird mit 73% auf dem Statusniveau gehalten, im Unterschied zum Startszenario mit nur 44%. [S.4.108]

32 > Der Stromeinsatz für die gesamte Wasserelektrolyse (einschließlich Mobile Antriebe und Grundstoffe) wäre um 42% höher als im Startszenario (452 > 642 TWh/a), [S.2.207]

33 > Zur Deckung wäre bespielsweise eine Ausweitung der onshore-Windparkflächen gegenüber Startszenario um 12% (2,1 > 2,3% der Bodenfläche) erforderlich. [S.1.34]

34

35 **Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum**

36 Brennstoffanteil an der Prozesswärme 44% wie Start-S. oder ----------

37 Wer hält das Pädoyer im Plenum (maximal 3 Minuten)?
_____

Pc. Grundstoffsynthese

Bedeutung

Der Bedarf an **Kohlenwasserstoffen als Grundstoff** für die Chemieindustrie wird heute ausschließlich aus fossilen Quellen gedeckt, hauptsächlich durch Erdöl. Die jährlich dafür verwendete Menge entspricht einem Heizwert von 3.367 kWh pro Einwohner. [S.4.194]

Auf den gesamten Endenergieverbrauch Deutschlands bezogen (2.606 TWh/a) [S.4.196]
entspricht der Einsatz von Kohlenwasserstoffen als Grundstoff (277 TWh/a) einem [S.4.191]
zusätzlichen Verbrauch von 11%.

Selbst die gesamte heute in Deutschland erzeugte und energetisch genutzte **Biomasse** (ca. 240 TWh/a) würde zur Substitution der fossilen Grundstoffe **nicht ausreichen**. Außerdem würde dies zu Deckungslücken im Prozesswärme- und Verkehrsbereich führen. Das eng begrenzte Potenzial wird eine nennenswerte Ausweitung nicht zulassen. Und Biomasse-Importe zu diesem Zweck erscheinen angesichts der sich zuspitzenden Welternährungslage als nicht vertretbar.

Die verfügbaren Potenzaile an erneuerbaren Energien zeigen hingegen, dass allein bei **Strom aus Windenergie und Photovoltaik** eine Vervielfachung der heutigen Erzeugung möglich ist, der damit zur **tragenden Säule** des künftigen Energiesystems wird.

Daher liegt es nahe, **Wind-/Solarstrom** zur **Wasserstoff**produktion einzusetzen und daraus **Methan** zu synthetisieren. Allerdings müssen erhebliche Wandlungsverluste in Kauf genommen werden: Selbst wenn das für die Synthese erforderliche CO_2 in ausreichender Menge aus der Verbrennung von Biomasse zur Verfügung steht, muss
zum Ausgleich der Wandlungsverluste für jede kWh Methan rund 2 kWh Strom eingesetzt [S.2.203]
werden (Wirkungsgrad Elektrolyse 64%, Methansynthese 80%). [S.2.206]

Zielansatz im Startszenario

- Die Kunststofferzeugung aus Grundstoffen pro Einwohner halbiert sich gegenüber heute. [S.4.195]

Begründung

Im Interesse eines nicht allzu hohen Energiebedarfs beruht der Ansatz im Wesentlichen auf folgender Vorstellung:
- Einwegartikel werden durch länger nutzbare Produkte und Kunststoffverpackungen beispielsweise durch erhöhten Anteil an Mehrwegbehältern vermieden;
- die Rückführungsquote von Kunststoffen über Abfallsammlung und die Recycling-Rate können weiter erhöht werden.

Hier einige Zahlen zum Status: Im Jahr 2015 betrug der Kunststoff-Endverbrauch in Deutschland 10,14 Mio. t *(Seite 5). Die größten Einsatzfelder: 35% davon für Verpackungen, 22% für Baustoffe *(Seite 7). Das Aufkommen an Kunststoffabfällen lag im Jahr 2015 bei 58% des Endverbrauchs (5,92 Mio. t *(Seite 14)), davon wurden 47% *(Seite 17) stofflich und 53% energetisch verwertet. Daraus folgt, dass 27% des Endverbrauchs durch Abfallrecycling gedeckt werden konnten. Ohne dieses Recycling wäre der Bedarf an Grundstoffen noch um 38% höher gewesen.

*) Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH, Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015 - Kurzfassung. Alzenau, 19.09.2016.
https://www.bvse.de/images/pdf/kunststoff/2016/161020_Consultic_Endbericht_2015_19_09_2016_Kurzfassung.pdf

24 **Herausforderungen**

25 Die Vermeidung von Einwegartikeln und Kunststoffverpackungen würde Einbußen beim gewohnt freizügigen Konsum und an Bequemlichkeit bedeuten. Es ist offen,ob Einbußen in diesem Umfang im Interesse niedrigerer Belastungen durch Energiebereitstellung gesellschaftlich gewünscht sein werden.

26 Außerdem ist offen, inwieweit die Rückführungsquote von Kunststoffabfällen und vor allem die Recyclinguote noch zu erhöhen sind, wenn sich das Volumen der heute größten Einsatzfelder Verpackungen und Baustoffe stark reduziert.

27 Die folgende Beispielvariante geht von einer moderateren Reduzierung der Kunststofferzeugung aus Grundstoffen gegenüber Startszenario aus.

28

29 **Beispielvariante: Entlastung durch weniger ambitionierte Volumenreduzierung**

30 - Die Kunststofferzeugung aus Grundstoffen wird lediglich auf 75% rel. zum Status reduziert anstatt auf 50% im Startszenario. [S.4.195]

31 > Der erforderliche Wasserstoffeinsatz für Methansynthetisierung wäre um 50% höher als im Startszenario (173 > 259 TWh/a), ebenso der Einsatz von Wind-/Solarstrom für die Elektrolyse. [S.2.204]

32 > Zur Deckung wäre bespielsweise eine Ausweitung der onshore-Windparkflächen gegenüber Startszenario um 30% (2,1 > 2,7% der Bodenfläche) erforderlich. [S.1.34]

33

34 **Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum**

35 Kunststofferzeugung aus Grundstoffen pro Einwohner: 50% wie Start-S. oder ------

36 Wer hält das Pädoyer im Plenum (maximal 3 Minuten)?