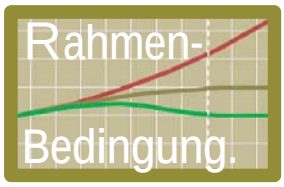
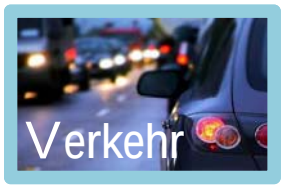
Ansatz-Hilfen zur Szenariogestaltung



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)

5

Ga. Beheizte Flächen

6 **Bedeutung**

7 Der Bedarf an Gebäudewärme ist proportional zur beheizten Wohn- und Gewerbefläche (über die dominierende Raumwärme hinaus wird dies auch für die mit 14,7% untergeordnete Warmwasserbereitung unterstellt). [S.4.70]

8 Die Wohnflächen verursachen heute zwei Drittel und die Gewerbeflächen ein Drittel des Energieverbrauchs. [S.4.46]

9 Die Wohnflächen nahmen in den 15 Jahren bis 2014 von 39,5 auf 46,5 m2/Person zu. Eine lineare Fortschreibung dieses Trends hätte im Jahr 2050 eine Fläche von 66 m2/Person zur Folge.

10 https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#textpart-3

11

12 **Zielansatz im Startszenario**

13 - Beheizte Wohnfläche pro Person bleibt auf Statusniveau 2012: ±0 [S.4.48]

14 - Beheizte Gewerbefläche pro Person bleibt auf Statusniveau 2012: ±0 [S.4.54]

16 **Begründung**

17 Eine Beibehaltung des Wachstums wie bisher ist auf Dauer prinzipiell nicht möglich.

18 Wenn damit eine Abkehr vom Wachstum unausweichlich ist, stellt sich die Frage, auf welchem Niveau die Flächenansprüche dauerhaft stabilisiert werden sollten.

19 Hier wird davon ausgegangen, dass sich durch ein weiter wachsendes Flächenangebot die Lebenszufriedenheit nicht mehr wesentlich steigern ließe. Dem stände aber eine höhere Belastung durch Energieerzeugung und Bereitstellung entgegen.

20

21 **Herausforderungen**

22 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 der Flächenansprüche zu rechnen. Fraglich ist, inwieweit diese sich danach wieder auf ein niedrigeres Niveau zurückführen lassen.

23

24 **Beispielvariante: Entlastung durch Restwachstum**

25 - Unter der Annahme, dass sich das bisherige Wachstum der Wohn- und Gewerbeflächen verlangsamen und bis zum Jahr 2050 endgültig beenden ließe, wäre noch mit der Hälfte des Zuwachses gegenüber ungebremsten Wachstums zu rechnen (das wären 56 m2/Person an Wohnfläche und 124% der heutigen Gewerbefläche).

26 > Der Energiebedarf für Gebäudewärme würde dadurch überproportional um rund 28% (327 > 418 TWh/a) steigen (Abwärmeanteil bleibt konstant). [S.4.91]

27 > Zur Deckung wäre bespielsweise eine Ausweitung der onshore-Windparkflächen um rund 10% (2,1 > 2,3% der Bodenfläche) erforderlich. [S.1.34]

28 ACHTUNG: Die Auswirkung dieser hier isoliert betrachteten Veränderung kann sich in Kombination mit anderen Veränderungen verfielfachen!

29

30 **Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum**

31 Beheizte Wohnfläche pro Person (m2): wie Start-S. oder ---------- [ ]

32 Beheizte Gewerbefläche pro Person (% vom Statuswert): wie Start-S. oder ---------- [ ]

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

5

Gb. Wärmeschutz

6 ## Bedeutung

7 Der Bedarf an Gebäude- bzw. Heizwärme pro Quadratmeter Wohn- und Gewerbefläche wird maßgeblich bestimmt durch den Wärmeschutz der Gebäudehüllen (entscheidend ist heute der Raumwärmeverbrauch mit einem Anteil von 85%, der Warmwasserverbrauch ist von untergeordneter Bedeutung). [S.4.58]

8 In den 12 Jahren 2002 bis 2013 sank der durchschnittliche jährliche Heizwärmeverbrauch von Wohngebäuden in Deutschland um ca. 14% (von 139 auf 120 kWh pro Quadratmeter). Dieser Erfolg wird der Energieeinsparverordung zugeschrieben.

9 https://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/Trendreport1_Heizenergieverbrauch.pdf

10

11 ## Zielansatz im Startszenario

12 - Mit energetischer Gebäudesanierung auf Niedrigenergiehausniveau und Neubauersatz auf Passivhausniveau wird der **Raumwärmebedarf** bei diesen Gebäuden auf durchschnittlich **45 kWh/m2/a** gesenkt. [S.4.60]

13 - Von heute bis zum Jahr 2050 werden im Durchschnitt jährlich **2,6%** des Gebäudebestandes entweder **energetisch saniert** oder durch Neubauten ersetzt. [S.4.63]

14

15 ## Begründung

16 Die Erreichbarkeit der angenommenen Wärmeschutzstandards für energetische Sanierung und Neubauten wurde bereits in vielen Projekten nachgewiesen.

17 Gebäude gehören zu den langlebigen Wirtschaftsgütern, die investierten Mittel sind langfristig gebunden. Durch frühzeitige Ausrichtung an den zielführenden Wärmeschutzstandards können spätere aufwändige Nachbesserungen vermieden und das Risiko von Fehlinvestitionen und Zielverfehlung minimiert werden.

18 Der gewählte Ansatz für den Raumwärmebedarf liegt zwischen dem sehr optimistisch erscheinenden Ansatz in UBA Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 und dem konservativen Ansatz in der BMU Leitstudie 2011. [D.1.776]

19 Die Sanierungs-/Ersatzrate wurde so gewählt, dass im Jahr 2050 der gesamte Gebäudebestand umgestellt ist und damit der angenommene Raumwärmebedarf für den gesamten Gebäudebestand gilt.

20

21 ## Herausforderungen

22 Die dem Zielansatz zugrunde liegenden Wärmeschutzstandards für energetische Sanierung und Neubauten sind erheblich anspruchsvoller, als die heute im Durchschnitt realisierten. Der Zielansatz wäre daher mit größerem Realisierungsaufwand und höheren Investitionen verbunden, die sich unter den heutigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen meist nicht ausreichend schnell amortisieren würden.

23 Das spiegelt sich auch in der energetischen Sanierungsrate wieder, sie liegt heute bei jährlich 1%. (Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Datenbasis zum Gebäudebestand. Bonn, Dezember 2016)

24 http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/AnalysenKompakt/2016/ak-09-2016-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2

25

26 **Beispielvariante: Entlastung durch niedrigeren Wärmeschutzstandard**

27 Gegenüber dem Startszenario Milderung des Wärmeschutzstandards unter Inkaufnahme eines erhöhten Raumwärmebedarfs und eine niedrigere Sanierungs-Ersatzrate unter Inkaufnahme eines 2050 nur teilweise nach dem Standard sanierten Gebäudebestandes:

28 - Senkung des Ziel-**Raumwärmebedarf**s auf lediglich **63 kWh/m2/a** gemäß der Annahme in der BMU Leitstudie 2011. [D.1.779]

29 - Steigerung der **energietische**n **Sanierungs-/Ersatzrate** auf lediglich **2%** jährlich.

30 > Der Energiebedarf für Gebäudewärme läge dadurch um rund 52% höher, als im Startszenario (327 > 495 TWh/a). [S.4.91]

31 > Zur Deckung wäre bespielsweise eine Ausweitung der onshore-Windparkflächen um rund 14% erforderlich (2,1 > 2,4% der Bodenfläche). [S.1.34]

32 ACHTUNG: Die Auswirkung dieser hier isoliert betrachteten Veränderung kann sich in Kombination mit anderen Veränderungen verfielfachen!

33

34 **Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum**

35 Raumwärmebedarf Wohn-&Gewerbeflächen (kWh/m2/a): wie Start-S. oder ----------

36 Energetische Sanierungs-/Ersatzrate bis 2050 (% jährlich): wie Start-S. oder --------

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

5

Gc. Wärmepumpe

6 ## Bedeutung

7 79% der Gebäudewärme wird heute durch Einsatz von Brennstoffen bereitgestellt. [S.4.76]

8 Nur ein geringer Teil davon sind regenerative Biobrennstoffe. Die fossilen Brennstoffe mit einem Anteil von 85% werden 2050 nicht mehr zur Verfügung stehen. [S.5.26]

10 Das begrenzte Potenzial an Biobrennstoffen lässt eine nenneswerte Ausweitung zur Substitution der fossilen Brennstoffe nicht zu. Im Gegenteil spricht einiges dafür, das knappe Angebot an Biobrennstoffen eher im Bereich Verkehr und Prozesswärme einzusetzen, wo die Substitution der fossilen Brennstoffe sehr viel anspruchsvoller ist.

11 Die verfügbaren Potenziale an erneuerbaren Energien zeigen, dass Strom aus Windenergie und Photovoltaik zur tragenden Säule des künftigen Energiesystems wird.

12 Mit Power-to-Heat, z. B. in Form von Flächenheizmatten, Infrarot-Strahlern oder Nachtspeicheröfen, ließe sich Wind- und Solarstrom sehr einfach zur Substitution der fossilen Brennstoffe bei der Gebäudewärme nutzen.

13 Elektrische Wärmepumpen haben gegenüber Power-to-Heat allerdings den großen Vorteil, dass sie zur Bereitstellung jeder Kilowattstunde Wärme weit weniger als die Hälfte in Form der hochwertigen Energieform Strom benötigen. Der größere Teil wird aus frei verfügbarer Umgebungswärme im oberflächennahen Erdreich oder in der Luft gewonnen und auf ein nutzbares Temperaturniveau gebracht.

14 Die Wärmepumpen arbeiten besonders effizient bei niedrigen Vorlauftemperaturen. Sie passen daher gut zu Gebäuden mit hohem Wärmeschutz, in denen sich Niedertemperaturheizungen schon ohne vergrößerte Heizflächen realisieren lassen.

15 Im Statusjahr wurden 5,1 TWh Heizwärme mit luftgekoppelten Wärmepumpen bereitgestellt. [S.2.152]

16 Dazu kamen 6,2 TWh Heizwärme aus Erdreichgekoppelten Anlagen. [S.2.158]

17 Zusammen waren das erst 1,3% des gesamten Gebäudewärme-Endverbrauchs. [S.4.91]

18 Allerdings sind große Zuwächse zu verzeichnen, 2012 wurde die 3,4-fache Menge an Heizwärme gegenüber 2005 bereitgestellt. (Internationales Geothermiezentrum, Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes. Bochum, Februar 2014. Seite 33)

19 http://www.geothermie-zentrum.de/fileadmin/media/geothermiezentrum/GeothermieCampus_Bochum/Forschung_und_Projekte/Analyse_des_deutschen_Waermepumpenmarktes/WP-StudieII_GZB_2014.pdf

20

21 ## Zielansatz im Startszenario

22 - Es werden keinerlei Brennstoffe mehr für die Gebäudewärme eingesetzt. [S.4.76]

23 - Der für Gebäudewärme eingesetzte Strom wird zu 100% für den Betrieb von Wärmepumpen verwendet, kein direktes Power-to-Heat. [S.4.88]

24 - Der Wärmeanteil an der Gebäudewärme resultiert aus einem automatischem Abgleich der Szenario-Kalkulation. (Der Bedarf an Gebäudewärme wird einerseits durch Abwärme aus KWK, Solarwärme und mit Wärmepumpen gewonnene Umgebungswärme gedeckt, zum anderen durch die Stromaufnahme der Wärmepumpen, die ebenfalls voll der Gebäudewärme zugute kommt. Der Wärmeanteil wird so abgeglichen, dass genau die für den Wärmebeitrag der Wärmepumpen erforderliche Strommenge bereit steht.) [S.4.83]

25 - Der Anteil luftgekoppelter Wärmepumpen wurde so gewählt, dass diese 72% des gesamten Antriebsstromes aufnehmen. [S.2.149]

26

27 **Begründung**

28 Auf den Einsatz von Brennstoffen wurde verzichtet, weil die Biobrennstoffpotenziale eng begrenzt sind und deren Einsatz für andere Substitutionsaufgaben vordringlich ist. [10]

29 Auf den Einsatz von Strom für Gebäudewärme direkt über Power-to-Heat wurde verzichtet, weil für dieselbe Wärmemenge ein Mehrfaches an Strom eingesetzt werden müsste. [13]

30 Auf den Einsatz von Strom für Gebäudewärme direkt über Power-to-Heat wurde verzichtet, weil für dieselbe Wärmemenge ein Mehrfaches an Strom eingesetzt werden müsste.

Die bei der Stromspeicherung mit Wasserstoff entstehende Abwärme aus Rückverstromung mit Kraft-Wärme-Koppelung (35 TWh/a) wird zwar als [S.2.217]

32 Deckungsbeitrag für den Gebäudewärmebedarf (327 TWh/a) genutzt, allerdings entspricht das nur 11% Deckungsanteil. [S.4.91]

33 Der Anteil luftgekoppelter Wärmepumpen ist an einer Prognose des Bundesverbandes Wärmepumpe für das Jahr 2030 orientiert. Die Erhöhung von heute 50 auf 72% wurde mit einfacherer Installation und geringeren Anschaffungskosten gegenüber Erdwärmepumpen begründet (keine Erdwärmetauscher erforderlich). [D.1.530]

34

35 **Herausforderungen**

36 Dem völligen Verzicht auf Biobrennstoffe für Gebäudewärme dürften bei vielen Menschen mentale Hürden entgegen stehen: Seitdem die Menschen das Feuer für sich nutzbar machten, war das Holzfeuer über mehr als 1 Million Jahre Teil des täglichen Lebens und wesentliche Wirtschaftsgrundlage. Die Affinität zu knisterndem Ofenfeuer und das Bestreben nach Unabhängigkeit durch Selbstversorgung mit Brennmaterial scheinen tief in uns verankert.

37 Ungeklärt ist, ob die geologischen Verhältnisse erdgekoppelte Anlagen mit Erdkollektoren oder Bodensonden in dem vorgesehenen Umfang zulassen.

38 Bei hoher Dichte erdgekoppelter Anlagen mit Bodensonden könnte die Wärmeentnahme die natürliche Regeneration durch Solarstrahlung auf die Erdoberfläche übersteigen (mögliche Abhilfe Regeneration durch Solarthermie, im Modell z. Zt. nicht abbildbar).

39 Bei hoher Dichte von luftgekoppelten Anlagen könnte es in Phasen mit wenig Luftbewegung und niedrigen Außentemperaturen zu 'Kälteseen' kommen, die die Effizienz der Anlagen verringern und zu erhöhtem Stromverbrauch führen würde.

40

41 **Beispielvariante: Entlastung durch Holzheizung**

42 - Entlastung der Beiträge von Wärmepumpen und Erhalt von **Holzheizungen** durch Nutzung der Hälfte des Energieholzaufkommens für Gebäudewärme. [S.2.62]

43 - Das ermöglicht einen Brennstoffanteil von rund 15% am Bedarfsniveau für Gebäudewärme gegenüber 0% im Startszenario (dient im Modell als Leitwert). [S.4.76]

44 > Durch die Holzwärme verringert sich der Strombedarf der Wärmepumpen um 19% (75 > 61 TWh/a). [S.4.89]

45 > Das hier für Gebäudewärme genutzte Energieholz steht nicht mehr wie im Startszenario für Prozesswärme zur Verfügung. Der Ausgleich erfolgt durch einen um 25% erhöhten Stromeinsatz (182 > 228 TWh/a). [S.4.118]

46 > Der Brennstoffanteil an der Prozesswärme geht gegenüber dem Startszenario von 51% auf 37% zurück (heute 73%). Damit steigt das Risiko erheblich, dass nicht mehr [47] [48]

47 genügend Brennstoffe für auf offene Flamme oder Kohlenstoff angewiesene [S.4.109]

48 Produktionsprozesse zur Verfügung stehen. [S.4.120]

49 > Der gestiegene Strombedarf für Prozesswärme überwiegt die Verminderung des Wärmepumpenstroms. Zur Deckung wäre bespielsweise eine **Ausweitung der onshore-Windparkflächen um rund 10%** erforderlich (2,1 > 2,3% der Bodenfläche). [S.1.34]

ACHTUNG: Die Auswirkung dieser hier isoliert betrachteten Veränderung kann sich in Kombination mit anderen Veränderungen verfielfachen!

Beispielvariante: Entlastung durch Solarthermie

- Entlastung der Beiträge von Wärmepumpen durch **Solarthermie** mit einem Anteil von 25% an den solar genutzten Dachflächen gegenüber unbedeutenden 0,7% im Startszenario. [S.2.8]

- Bei einer solch umfänglichen Nutzung der Solarthermie übersteigt der Wärmeertrag im Sommerhalbjahr den geringen Wärmebedarf (nur Warmwasserbereitung, keine Raumwärme) bei weitem. Es wird hier von der Speicherung der Überschüsse über Wochen und Monate in großen Warmwasserspeichern ausgegangen (Beispiele für realsisierte Anlagen siehe Paradigma-Blog unten). Diese saisonale Wärmespeicherung ist mit erheblichen Wärmeverlusten verbunden. Im Modell wird das überschlägug durch einen halbierten Wärmeertrag aus Solarthermie abgebildet (2600 statt 5250 MWh/ha/a ohne Speicher- und Netzverluste). [S.2.9]

https://blog.paradigma.de/solare-fernwaerme-in-deutschland-die-top-5/

> Der durch Wärmepumpen zu deckende Anteil der Gebäudewärme verringert sich [57] [58] [59]
gegenüber Startszenario um 60% (resultiert aus den Einzelpositionen luftgekoppelte WP [S.2.152]
178 > 72 TWh/a, und erdreichgekoppelte WP 92 > 37 TWh/a bei einem [S.2.158]
Gebäudewärmebedarf von insgesamt 327 TWh). [S.4.91]

> Dadurch verringert sich der Strombedarf der Wärmepumpen gegenüber Startszenario [S.4.89]
ebenfalls um 60% (75 > 30 TWh/a).

> Da die solargenutzten Dachflächen jetzt allerdings zu einem Viertel durch Solarthermie [S.1.34]
belegt sind, ist die Stromproduktion aus Photovoltaik entsprechend geringer als im Startszenario, was durch die verringerte WP-Stromaufnahme nicht aufgewogen wird. Zum Deckungsausgleich wäre bespielsweise eine **Ausweitung der onshore-Windparkflächen um rund 10%** erforderlich (2,1 > 2,3% der Bodenfläche).

ACHTUNG: Die Auswirkung dieser hier isoliert betrachteten Veränderung kann sich in Kombination mit anderen Veränderungen verfielfachen!

Beschlossener Ansatz zum Plädoyer im Plenum

Brennstoffanteil am Bedarfsniveau für Gebäudewärme (%): wie Start-S. oder ------

Anteil Solarthermieflächen an den solar genutzten Dachfl. (%): wie Start-S. oder* -

*) Bei Ausweitung ist wegen Speicherverlusten der NettoErtrag zu reduzieren.

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

_____