

Was sind Energieszenarien, was können sie leisten ?

von Hermann Henssen

e-mail Hermann.Henssen@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Energieszenarien spielen in der Energiepolitik und der öffentlichen Energiedebatte eine wichtige Rolle. Man braucht sie einerseits um gangbare Wege zu finden und andererseits um eigene Entscheidungen zu begründen. Energieszenarien sind zahlenmäßig durchgerechnete Entwürfe zukünftiger Energieversorgung. Sie gelten für ein Land, eine größere Wirtschaftsregion (z.B. EU), oder die ganze Welt. Betrachtet wird dabei typischerweise ein Zeitraum von 10 bis 50 Jahren, jeweils von der Gegenwart an gerechnet. Sie sollen Bedingungen aufzeigen, unter denen sich bestimmte Möglichkeiten eröffnen, um erwünschte Ziele anzustreben oder unerwünschte Folgen zu vermeiden. Meist werden dazu mehrere ganz unterschiedliche Szenarien nebeneinander gestellt und miteinander verglichen. Szenarien beschreiben aber immer nur

eine eng begrenzte Auswahl aller denkbaren zukünftigen Entwicklungen der Energieversorgung.

Energieszenarien sind von Energieprognosen zu unterscheiden. Prognosen beschreiben - so gut man es kann - die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung der Energieversorgung. Sie helfen der Politik vor allem, auf uns zu kommende Probleme frühzeitig zu erkennen; für die Energiewirtschaft sind sie eine unverzichtbare Planungsgrundlage insbesondere für größere Investitionsentscheidungen. Da es schwierig ist, weit in die Zukunft hinein belastbare Voraussagen zu machen, beschränken sich Prognosen in der Regel auf einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren und sind auch dann noch mit Unsicherheiten behaftet. Energieszenarien dagegen greifen weiter in die Zukunft und lassen bewußt größere Veränderungen

zu. Prognosen werden gemacht, um auf eine zu erwartende Entwicklung reagieren zu können, Szenarien, um die Entwicklung gezielt zu beeinflussen.

Für die einzelnen Szenarien werden in der Regel bestimmte Vorgaben gemacht, z.B. angestrebte Reduktionen der CO₂-Emission oder der zeitliche Verlauf des nuklearen Anteils an der Energieversorgung. Daneben muss eine Reihe von Annahmen getroffen werden, wie solche für das zukünftige Wirtschaftswachstum oder die Ölpreisentwicklung. Ein Szenario soll dann Voraussetzungen aufzeigen, unter denen seine Vorgaben erfüllt werden können, und sagen welche - ggf. unerwünschten - Nebenfolgen dabei eintreten. Dabei gibt es zum Teil große Unsicherheiten. Diese brauchen uns jedoch nicht zu "hindern, die weiterreichende Zukunft ins Kalkül zu ziehen. Denn man muss nicht

heute schon alles für die Zukunft festlegen. Es geht vielmehr darum, aus den Langfristüberlegungen so viel zu lernen, dass man heute ‚robuste‘ Entscheidungen treffen kann. Das heißt Entscheidungen, die den nachkommen Generationen in gerechter Abwägung der Interessen die Möglichkeit lassen oder eröff-

nen, ihre Lebensumstände nach ihren Anforderungen und Wünschen einzurichten.“ (Zitat aus „Langfristige Aspekte der Energieversorgung“, Forum für Zukunftsenergien 1997). Wegen ihrer Abhängigkeit von unsicheren Annahmen stellen Szenarien nicht Optionen dar, die man nur zu wählen braucht, um sicher an

ein vorgegebenes Ziel zu kommen. Szenarien sind vielmehr wertvolle Hilfsmittel, um Entscheidungen und Strategien zu finden, die im oben genannten Sinne ‚robust‘ sind und die flexibel auf unterschiedliche Entwicklungsverläufe reagieren können.

Was sind Energieszenarien, was können sie leisten ?

von [Hermann Henssen](#)

e-mail Hermann.Henssen@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

1. Die Rolle von Szenarien in der Energiepolitik

In der Energiepolitik wird häufig mit Energieszenarien gearbeitet und argumentiert. Aktuelle Beispiele sind zwei Szenarien, die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie für den Energiebericht 2001 erstellt wurden, sowie die Energieszenarien der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung". Aus der Arbeit früherer Enquete-Kommissionen zu den Themen Klimaschutz (Abschlussbericht 1994) und Zukunft der Kernenergie (Abschlussbericht 1980) lassen sich weitere Szenarien anführen. Aber nicht nur in der offiziellen Politikberatung sondern auch in der Energiewirtschaft und der öffentlichen Debatte um die anzustrebende Energiepolitik wird immer wieder auf Energieszenarien Bezug genommen. Aus der Vielzahl veröffentlichter Szenarien seien beispielhaft noch die fol-

genden erwähnt: Diverse Szenarien des Shell-Konzerns und des Weltenergieberichtes, sowie das Langfristszenario "Solare Energiewirtschaft" (Langniß, Luther, Nitsch und Wiemken, 1997). Eine kritische Würdigung einzelner Szenarien ist nicht Gegenstand dieser Ausführungen. Hier geht es um die Frage: Was genau sind Energieszenarien und was können sie leisten?

2. Was sind Energieszenarien?

Energieszenarien sind zahlenmäßig durchgerechnete Entwürfe zukünftiger Energieversorgung. Sie gelten für ein Land, eine größere Wirtschaftsregion (z.B. EU), oder die ganze Welt. Betrachtet wird dabei typischerweise ein Zeitraum von 10 bis 50 Jahren, jeweils von der Gegenwart an gerechnet. Sie sind ein Mittel der Politikberatung, indem sie Voraussetzungen nennen, unter denen sich bestimmte erwünschte Möglichkeiten eröffnen oder unerwünschte Folgen ergeben. Meist werden dazu

mehrere ganz unterschiedliche Szenarien nebeneinander gestellt und miteinander verglichen. Gewöhnlich stellt eines davon dar, was geschieht, wenn man einfach so weiter macht wie bisher; wobei man jeweils noch festlegen muss, was genau unter "wie bisher" zu verstehen ist. Dieses Szenario nennt man Referenz-, Basis oder Trendszenario.

2.1 Szenarien und Prognosen

Energieszenarien sind von Energieprognosen zu unterscheiden. Prognosen beschreiben - so gut man es kann - die wahrscheinliche Weiterentwicklung der Energieversorgung. Sie helfen der Politik vor allem, auf uns zu kommende Probleme frühzeitig zu erkennen; für die Energiewirtschaft sind sie eine unverzichtbare Planungsgrundlage insbesondere für größere Investitionsentscheidungen. Angebot und Nachfrage an Energie hängen aber von zahlreichen Bedingungen ab, wie die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung, die zu erwartenden Ölpreise, techni-

LANGFASSUNG

sche Neuerungen und anderes mehr. Hierzu werden möglichst plausible Annahmen gemacht, die häufig eine Fortschreibung bestehender Trends darstellen. Neue staatliche Maßnahmen zur Lenkung der Energiewirtschaft werden nur berücksichtigt, wenn ihre Einführung sich konkret abzeichnet. In der Regel wird noch untersucht, wie empfindlich die Prognose auf mögliche Abweichungen von diesen Annahmen reagiert (Sensitivitäts-Analysen). Da es schwierig ist, weit in die Zukunft hinein belastbare Voraussagen zu machen, beschränken sich Prognosen in der Regel auf einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren und sind auch dann noch mit Unsicherheiten behaftet. Dramatische Veränderungen werden in diesem Zeitraum gewöhnlich nicht angenommen. Wie uns die Ölkrisen der 70er Jahre jedoch gelehrt haben, sollte man solche Trendbrüche als Möglichkeit im Hinterkopf behalten, wenn aus den Energieprognosen praktische Konsequenzen abgeleitet werden.

Anders als Prognosen greifen Energieszenarien weiter in die Zukunft und lassen bewußt größere Veränderungen zu. Prognosen werden gemacht, um auf eine zu erwartende Entwicklung reagieren zu können, Szenarien, um die Entwicklung gezielt zu beeinflussen. Dabei können Szenarien immer nur einige typische Entwicklungspfade darstellen. Die unerschöpfliche Vielfalt möglicher Entwicklungen läßt sich durch eine begrenzte Zahl von Szenarien nie vollständig darstellen.

2.2 Der Aufbau von Szenarien

Das Zahlenwerk von Energieszenarien beschreibt einerseits, wieviel Energie gebraucht wird, und andererseits, woher diese Energie kommen soll. Das geschieht in unterschiedlichem Detaillierungsgrad. Ausführliche Analysen gehen zur Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs von der zu erwartenden Nachfrage an Energiedienstleistungen in einzelnen Verbrauchssektoren aus, zum Beispiel dem Transportvolumen von Gütern und Personen oder der zu beheizenden Gesamtwohnfläche. Daraus wird der Verbrauch an Endenergie und schließlich der Primärenergieverbrauch ermittelt. Endenergie ist die vom Verbraucher direkt eingesetzte Energieform wie Elektrizität, Kraftstoffe oder Fernwärme; Primärenergie bezeichnet die aus der Natur entnommene Energieform wie Rohöl, Steinkohle und Wasserkraft, die über verschiedene Techniken mit mehr oder weniger hohen Verlusten in Endenergie umgewandelt wird. Wichtige Einflüsse sind dabei die zugrunde gelegte wirtschaftliche Entwicklung, die Bevölkerungsentwicklung, die angenommene Energieeffizienz der Anwendungs- und Umwandlungstechniken, schließlich - je nach Art der Studie mit unterschiedlichem Akzent - das Energiepreisniveau, das Konsumverhalten und staatliche Eingriffe.

Größere Studien benutzen zusammenfassende Kennzahlen. So kann aus der erwarteten Bevölkerungsentwicklung und dem Pro-Kopf-Einkommen mit Hilfe angenommener Energieinten-

sitäten gleich auf den Primärenergieverbrauch geschlossen werden. Die Kennzahl ‚Energieintensität‘ gibt an, wieviel Energie für ein bestimmtes Wohlstandsniveau gebraucht wird. Vor allem in den Industriestaaten gibt es eine Tendenz zu sinkenden Energieintensitäten, wodurch der Anstieg des Energieverbrauchs gedämpft wird. Größere Modelle eignen sich vor allem für globale Energieszenarien.

Weiterhin beschreibt das Energieszenario, wie sich der ermittelte Energieverbrauch auf die verschiedenen Energieträger (Kohle, Öl, Erdgas, Kernenergie, erneuerbare Energien) und die verschiedenen Energietechniken verteilt. Auch dafür gibt es verschiedene methodische Ansätze. So kann man mit Hilfe rechnerischer Marktmodelle die jeweils kostengünstigste Verteilung ermitteln; oder man kann für bestimmte Energieträger und Energietechniken (z.B. Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung) zeitlich variable Höchst- oder Mindestmengen vorgeben, wobei manchmal offen bleibt, mit welchen staatlichen Lenkungsinstrumenten dies erreicht werden soll. Die Zusammensetzung des Energieangebots wirkt wiederum zurück auf die Nachfrage nach Energiedienstleistungen, was in den genaueren Computermodellen des Energieversorgungssystems berücksichtigt wird.

Schließlich werden politisch bedeutsame Konsequenzen aus den Szenarien ermittelt. Das sind z.B. die resultierenden Emissionen an Treibhausgasen oder die Kosten eines Szenarios. Bei den letzteren sind verschiedene

LANGFASSUNG

Kostenarten zu unterscheiden, zum einen die energiewirtschaftlichen Kosten für Gewinnung und Import von Energieträgern sowie für die Errichtung und den Betrieb energietechnischer Anlagen einschließlich der Kosten für Energiesparmaßnahmen, zum anderen die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten einschließlich der sozialen und ökologischen Nebenwirkungen (externe Kosten).

2.3 Vorgaben, Annahmen und deren Unsicherheit

Für die einzelnen Szenarien werden bestimmte Vorgaben gemacht. Oft sind dies für notwendig oder anstrebenswert gehaltene Ziele, z.B. Reduktion der CO₂-Emissionen in Deutschland um 40% bis 2020 im Szenario II des eingangs erwähnten Energieberichts des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, oder Vorgaben über den zeitlichen Verlauf des nuklearen Anteils an der Energieversorgung. Das Szenario soll dann Bedingungen aufzeigen, unter denen seine Vorgaben erfüllt werden können, und sagen, welche Nebenfolgen dabei zu erwarten sind - wobei offen bleibt, ob die Erfüllung der Vorgaben nicht auch unter geänderten Bedingungen mit vielleicht anderen Nebenfolgen möglich ist. Die Bedingungen können extrem sein, sollten aber im Rahmen des Möglichen liegen, wobei die Grenze zwischen ‚möglich‘ und ‚unmöglich‘ oft strittig ist. In anderen Fällen - vor allem bei globalen Szenarien - werden wirtschaftliche oder technologische Entwicklungstrends vorgegeben (z.B. starkes Wachstum, Anbruch des "sola-

ren Zeitalters") deren Folgewirkungen untersucht werden sollen. Ein Sonderfall stellt jeweils das Referenzszenario dar, das zum Vergleich herangezogen wird.

Bei der Verwendung von Szenarien wird leicht übersehen, wie komplex die dargestellten Energiesysteme in Wirklichkeit sind, und dass sie von Entwicklungen abhängen, die man nicht sicher vorhersagen kann. So kann es unvorhergesehene Probleme geben, wenn technische Systeme, die in kleinem Rahmen ihre Funktionsfähigkeit bewiesen haben, sich im Großen bewähren müssen. Für neue Energietechniken wird häufig eine Senkung der anfänglich hohen Kosten erwartet. Wie schnell und wie weit diese wirksam wird, lässt sich nur abschätzen, und - wie die Erfahrung zeigt - kann die Wirklichkeit später erheblich von den Abschätzungen abweichen - übrigens nach beiden Richtungen. Noch größere Unsicherheiten für die Energieszenarien gibt es bei Entwicklungen, die durch menschliches Verhalten bestimmt sind. Hierzu gehört das Konsumverhalten und die Durchsetzbarkeit aber auch die Wirksamkeit politischer Lenkungsmaßnahmen wie die Ökosteuer. Zu all solchen Ungewißheiten müssen Annahmen getroffen werden, die hinsichtlich ihrer Realitätsnähe bzw. -ferne sehr unterschiedlich sein können.

2.4 Was muss man von Szenarien verlangen?

Unsichere Annahmen sind bei Energieszenarien unvermeidbar. Sie sollten jedoch deutlich aus-

gewiesen werden und zwar so, dass jeder sich ein Urteil über die damit verbundenen Unsicherheiten bilden kann. Die Annahmen müssen im Rahmen naturgesetzlicher Möglichkeiten liegen und sollten gegebene Realitäten berücksichtigen. Eine solche Realität ist der Bestand an Anlagen und Geräten, die den Einsatz eines bestimmten Energieträgers - z.B. Benzin, oder Heizöl - voraussetzen. Weil diese - meist noch funktionsfähigen - Anlagen und Geräte (im Beispiel: PKWs und Heizungen) nicht von heute auf morgen ausgetauscht werden können, braucht der ggf. im Szenario angestrebte Wechsel zu einem anderen Energieträger eine mehr oder weniger längere Umstellungszeit. Darüber hinaus sollen die Szenarien konsistent sein. Das heißt, die verschiedenen Annahmen müssen miteinander verträglich sein. Für die aus den Annahmen sich ergebenden Folgerungen gilt schließlich, deren Ableitung muss schlüssig sein und den geltenden Erkenntnissen der Wissenschaft und Technik entsprechen. Auch sollen Szenarien vollständig sein. Das heißt, alles was auf die Ergebnisse Einfluß nimmt oder nehmen kann, muss darin berücksichtigt sein. - Nur bei Einhaltung dieser Qualitätsregeln können Szenarien ihren Zweck erfüllen.

3. Was können Szenarien leisten?

Wenn sie den oben genannten Anforderungen genügen - was leider nicht immer der Fall ist -, stellen Energieszenarien mögliche Entwicklungen der Energieversorgung dar. Bei diesem Satz ist

LANGFASSUNG

Vorsicht geboten, denn er ist zweideutig. Was genau heißt darin "möglich"? Zum einen kann dies im Sinne von "uns möglich" verstanden werden und meint dann: "So kann es gehen, wenn wir nur wollen". Um es mit einem Bild auszudrücken, man bräuchte danach jetzt nur eine Weiche zu stellen, dann lief der Zug zwangsläufig auf dem im Szenario dargestellten Geleise weiter. Das aber können Szenarien wegen der unvermeidbaren Unsicherheiten nicht leisten. Ob ein Energieszenario Realität wird, hängt nicht nur von Willensentscheidungen ab. "Möglich" kann hier nur die Bedeutung von "möglicherweise eintreffend" haben. In diesem Sinne stellen Energieszenarien mögliche Entwicklungen dar, und es werden die - mehr oder weniger unsicheren - Voraussetzungen genannt, als deren Folge sie sich bei den Studien ergeben haben. Einige dieser Voraussetzungen lassen sich durch politische Maßnahmen beeinflussen, und von diesen wiederum nur einige zu dieser Zeit. Nur bei den Letzteren lassen sich jetzt die Unbestimm-

heiten in gegebene Fakten umwandeln, auf die anderen Unsicherheiten müssen wir uns einrichten.

Ist das nicht zu wenig für den Aufwand, der bei Energieszenarien betrieben wird? Das könnte so erscheinen, wenn wir heute schon trotz aller Unsicherheiten über die gesamte Entwicklung eines Zeitraums von bis zu 50 Jahren entscheiden müssten. Das ist jedoch nicht so. In 10, 20 oder 30 Jahren können - wahrscheinlich andere - Menschen aufgrund neuer Erkenntnisse neue Entscheidungen fällen. Jetzt geht es darum, "aus den Langfristüberlegungen so viel zu lernen, dass man heute 'robuste' Entscheidungen treffen kann. Das heißt Entscheidungen, die den nachkommenden Generationen in gerechter Abwägung der Interessen die Möglichkeit lassen oder eröffnen, ihre Lebensumstände nach ihren Anforderungen und Wünschen einzurichten." (Zitat aus "Langfristige Aspekte der Energieversorgung", Forum für Zukunftsenergien 1997). Energieszenarien sind ein wichtiges Hilfsmittel dafür, solche so genannten

'robusten' Entscheidungen und Strategien zu finden. Strategien sind im Gegensatz zu Szenarien, keine kompletten 'Wegbeschreibungen', sondern Handlungsanweisungen, mit denen man streckenweise auf verschiedene Entwicklungen flexibel reagieren kann, um den angestrebten Zielen möglichst nahe zu kommen. Um solche Strategien zu finden, müssen die Szenarien im Rahmen einer 'systematischen Zukunftsanalyse' ausgewertet und interpretiert werden. Die Zukunftsanalyse "kann dabei weder Patentrezepte liefern, noch kann sie dem Entscheidungsträger die eigentliche Entscheidung, das Abwägen von Nutzen und Risiko abnehmen. Sie kann aber dazu beitragen, die Entscheidungen auf eine rationale Basis zu stellen und Vorsorge bezüglich der Ungewißheit in der Zukunft zu treffen. Die Zukunft wird zwar immer noch Überraschungen bringen, vielleicht aber dann zunehmend solche, die wir bereits heute schon in Erwägung gezogen haben" (A. Voß, "Sinn und Grenzen von Energieszenarien").

