

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 299 97 309
UBA-FB 000468



Perspektiven für elektrischen Strom in einer nachhaltigen Entwicklung

**- Grundsätze, Kriterien und Szenarien
für eine nachhaltige
Stromnutzung und -erzeugung -**

von

Werner Bohnenschäfer
Marcus Koepp
Dr. Janina D. Scheelhaase
Dr. Michael Schlesinger

Prognos AG, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Climate Change-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

Vorauszahlung von 10,00 €

durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der

Postbank Berlin (BLZ 10010010)

Fa. Werbung und Vertrieb,

Wolframstraße 95-96,

12105 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung der
Climate Change--Nummer sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 2.5
Dr. Helmut Kaschenz

Berlin, November 2003

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Perspektiven für elektrischen Strom in einer nachhaltigen Entwicklung		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Bohenschäfer, Werner Koepp, Marcus Scheelhaase, Janina D., Dr.; Schlesinger, Michael, Dr.	8. Abschlußdatum Juni 2002	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Prognos AG, Dovestraße 2-4, 10587 Berlin	9. Veröffentlichungsdatum September 2002	
	10. UFOPLAN-Nr. FKZ 299 97 309	
	11. Seitenzahl 112	
	12. Literaturangaben 112	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	13. Tabellen und Diagramme 65	
	14. Abbildungen 6	
	15. Zusätzliche Angaben	
16. Kurzfassung Es werden die Grundlagen einer nachhaltigen Entwicklung aus der Perspektive unterschiedlicher Akteure dargestellt. Hieraus wird ein Kompass für die Untersuchung abgeleitet. Mit ökologischen, ökonomischen und sozialen Prüfkriterien wird eine Bewertung von Stromnutzungs- und Stromerzeugungstechnologien vorgenommen. Hierzu wurde eine Expertenbefragung durchgeführt. Bei Anwendung aller Prüfkriterien stellen sich keine eindeutigen Vor- und Nachteile für die Technologien dar. Erst bei der Auswahl weniger relevanter Prüfkriterien lassen sich die Vor- und Nachteile einer Technologie deutlicher darstellen. Eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung erfordert eine Balance zwischen den Vor- und Nachteilen einer Technologie. Die Perspektiven der Stromnutzung und -erzeugung wird mittels vorliegender Szenarien bis zum Jahr 2050 dargestellt. Ohne deutliche Veränderungen wird der Stromsektor in der Zukunft keinen ausreichenden Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten. In der Hemmnisanalyse wird festgestellt, dass vor allem die Systemvorteile der Stromtechnologien und die niedrigen Strompreise die Stromeinsparung und Nutzung von Alternativtechnologien behindern. Nur mit einer Vielzahl von Instrumenten auf nationaler und internationaler Ebene werden diese Hemmnisse überwunden werden können.		
17. Schlagwörter Strom, Stromnutzung, Stromerzeugung, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Ökologie, Ökonomie, Wirtschaft, Hemmnisse, Instrumente, Energiewirtschaft, Energiepolitik, Szenario, Zukunft, Einsparung, Effizienz, Strompreis, Haushalte, Kleinverbraucher, Industrie		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Title of Report Perspectives of Electricity In a Sustainable Development		
5. Author(s); surname(s), first name(s) Bohnenschäfer, Werner Koepp, Marcus Scheelhaase, Janina D., Dr. Schlesinger, Michael, Dr.	8. Completion date June 2002	
6. Performing Organisation (name, address) Prognos AG, Dovestraße 2-4, D-10587 Berlin	9. Publication date September 2002	
	10. UFOPLAN No. FKZ 299 97 309	
7. Funding Institution (name, address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D – 14191 Berlin	11. Number of pages 112	
	12. References 112	
	13. Tables and diagrams 65	
	14. Figures 6	
15. Additional information		
16. Abstract The fundamentals of a sustainable development are presented from the perspective of different market participants. This leads to a guideline for the research and analysis. Based on ecological, economic, and social criteria, technologies consuming or generating electricity are evaluated. An expert hearing was part of this research. When applying all evaluation criteria, there are no clear advantages and disadvantages of the technologies. Only when selecting a smaller number of relevant evaluation criteria, the advantages and disadvantages of a technology can be presented more clearly. Sustainable electricity consumption and generation requires a balance of advantages and disadvantages of a technology. The perspective of electricity consumption and generation is presented using existing scenarios to the year 2050. Without any substantial changes, the electricity sector will not sufficiently contribute to a future sustainable development. When analysing the impediments, system advantages of the electricity technologies and low electricity prices turned out to be the main obstacles to electricity savings and alternative technologies. Only a large number of instruments on the national and international level will make it possible to overcome these impediments.		
17. Key words Electricity, Electricity Consumption, Electricity Generation, Sustainability, Protection of the Climate, Ecology, Economy, Business, Impediments, Instruments, Energy Industry, Energy Policy, Scenario, Future, Savings, Efficiency, Electricity Price, Households, Small Users, Industry		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage und Aufgabenstellung	1
2	Grundsätze und Kriterien für eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung	3
2.1	Zum generellen Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung	3
2.2	Elemente einer nachhaltigen Energieentwicklung	5
2.3	Literaturübersicht zu den grundsätzlichen Kriterien	7
2.3.1	Ökologische Indikatoren	7
2.3.2	Ökonomische und soziale Indikatoren	14
2.4	Ein Kompass für die Untersuchung	20
3	Prüfung zukunftsfähiger Stromnutzungs- und -erzeugungstechnologien	23
3.1	Expertenbefragung	23
3.2	Bewertungsportfolio	27
3.3	Bewertete Stromtechnologien	30
3.4	Bewertungsergebnisse für alle Prüfkriterien	36
3.4.1	Auswertungsmethodik	36
3.4.2	Ergebnisse für die Stromnutzungstechnologien	37
3.4.3	Ergebnisse für die Stromerzeugungstechnologien	41
3.5	Bewertungsergebnisse für ausgewählte Prüfkriterien	48
3.5.1	Auswertungsmethodik	48
3.5.2	Ergebnisse für die Stromnutzungstechnologien	49
3.5.3	Ergebnisse für die Stromerzeugungstechnologien	52
3.6	Schlussfolgerungen aus den Bewertungsergebnissen	58
4	Perspektiven für Stromnutzung und -erzeugung in aktuellen Szenarien	60
4.1	Referenzentwicklung zum Stromsektor	60
4.2	Politiksznarien zum Stromsektor	66
4.3	Nachhaltige Entwicklung und Perspektiven für den Stromsektor im Vergleich	74
5	Hemmnisse auf dem Weg zu einer nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung	82
5.1	Gesellschaftlicher Stellenwert des Ziels einer nachhaltigen Entwicklung	83
5.2	Hemmnisse einer nachhaltigen Stromnutzung	90
5.3	Hemmnisse einer nachhaltigen Stromerzeugung	94
6	Schlussfolgerungen für eine nachhaltige Entwicklungsstrategie	99
	Literaturverzeichnis	103

Anhang: 1 Erhebungsunterlagen für die Expertenbefragung

Anhang: 2 Bewertungsergebnisse für Stromnutzungstechnologien

Anhang: 3 Bewertungsergebnisse für Stromerzeugungstechnologien

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

(1) Die **Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung** wird heute im Grundsatz von allen gesellschaftlichen Gruppen weitgehend anerkannt. Ebenso wird die Diskussion hierüber auf nationaler und internationaler Ebene geführt.

Die **Umsetzung des Zieles** einer nachhaltigen Entwicklung ist jedoch kein Selbstläufer und mit zahlreichen Problemen behaftet. Oftmals scheitern Bemühungen in Richtung Nachhaltigkeit daran, dass ökologische Fragen angesichts zurzeit drängender wirtschaftlicher Probleme in den Hintergrund geraten. Erschwerend tritt hinzu, dass oftmals postuliert wird, eine nachhaltige Entwicklung würde zu Lasten von Wirtschaftswachstum und Beschäftigung gehen. Diesem Postulat liegt jedoch eine verkürzte Definition einer nachhaltigen Entwicklung zu Grunde.

Im eigentlichen Sinne sollte **gleichzeitig** mit den ökologischen Zielen die wirtschaftliche und soziale Nachhaltigkeit der erforderlichen Veränderungen im Auge behalten werden. Wichtigstes Kriterium ist dabei die **Stabilität** der ökologischen, ökonomischen und sozialen Systeme.

Das wesentliche **Ziel** sollte es sein, einen Ausgleich zwischen kurzfristigen und langfristigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen zu finden. Erst wenn dies gelingt, kann nach Ansicht der Prognos AG von einer wirklichen nachhaltigen Entwicklung gesprochen werden.

(2) Die heutige **Struktur der Energienutzung und -erzeugung** genügt nicht den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung. Dies gilt vor allem im Hinblick auf die ökologischen Aspekte und je nach individuellem Bewertungsmuster auch für die ökonomischen und sozialen Aspekte. Auf der anderen Seite ist Energie ein unverzichtbarer Produktionsfaktor, der erst wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand ermöglicht.

Ansatzpunkte für eine nachhaltigere Energienutzung und -erzeugung bieten sich in vielfältiger Weise. Dabei steht die Diskussion über eine nachhaltige Nutzung und Erzeugung von **elektrischem Strom** erst am Anfang. Strom wird im Rahmen dessen oftmals als „Flaschenhals“ oder Engpass in einer nachhaltigen Entwicklung bezeichnet. Einerseits werden für Strom immer neue Nutzungs- und Anwendungsbereiche gefunden, so dass weiterhin mit einem Stromverbrauchsanstieg gerechnet werden muss, andererseits ist die Stromerzeugung durch Großtechnologien dominiert, die langfristige Nutzungszeiten erfordern und für noch teure

Erzeugungsalternativen ohne wirtschaftliche Förderung kein nennenswerter Markt entstehen würde.

(3) Vor diesem Hintergrund wird **elektrischer Strom** zunehmend zum **Schwerpunkt** und zugleich zum **Engpass** auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft. Mit dem vorliegenden Forschungsvorhaben werden die Herausforderungen und Probleme einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung aufgegriffen und in drei Themenschwerpunkten behandelt:

- Entwicklung von Grundsätzen, Kriterien und Leitlinien sowie eines Bewertungsportfolios für eine nachhaltige Stromnutzung und –erzeugung (⇒ *Kapitel 2 und 3*).
- Aufzeigen von Perspektiven für die Stromnutzung und –erzeugung in aktuellen Szenarien als Bewertungsgrundlage für künftige Entwicklungsrichtungen und die Hemmnisanalyse (⇒ *Kapitel 4*).
- Analyse der Hemmnisse, die einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung entgegenstehen (⇒ *Kapitel 5*).

Dieser Bericht schließt mit einem **Fazit** (⇒ *Kapitel 6*), das die wesentlichen Ergebnisse und Bewertungen der Prognos AG kurz reflektiert und dem eigentlichen **Ziel dieser Untersuchung** dient, die Diskussion zu diesem Thema zu versachlichen. Auch werden nicht alle Antworten auf ungeteilte Zustimmung stoßen und Widerspruch hervorrufen. Aber nur so lassen sich die bestehenden Unterschiede und auch Unsicherheiten in der Bewertung der Perspektiven beim elektrischen Strom aufzeigen.

2 Grundsätze und Kriterien für eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung

2.1 Zum generellen Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung

(1) Mit der Frage, was unter einer **nachhaltigen Entwicklung generell zu verstehen** ist, beschäftigen sich Wissenschaft und Politik bereits seit vielen Jahren. Allerdings sind die Antworten auf diese Frage nach wie vor zwar im Prinzip relativ ähnlich, im Detail aber höchst unterschiedlich. Diese Diskussion wird an dieser Stelle nicht weiter aufgenommen, sondern lediglich kurz darlegen, welche generelle Definition einer nachhaltigen Entwicklung im Rahmen dieser Untersuchung zu Grunde gelegt wird. Diese Definition basiert auf vorangegangenen Untersuchungen der Prognos AG zu dieser Fragestellung und dient als **Arbeitsgrundlage** für die weiteren Analysen.

(2) In dieser Untersuchung wird Nachhaltigkeit als **Vorsorgestrategie gegenüber überlebensbedrohenden Stabilitätsrisiken** definiert. Diese Strategie beinhaltet im wesentlichen folgende **Elemente**:¹

- **Nachhaltigkeit als Systemstabilität:** Nachhaltigkeit bedeutet Erhaltung des Sach- und Humankapitals, des sozialen Konsenses und der ökologischen Basis. Diese drei „Komponenten“ sind Systeme (Wirtschaftssystem, Gesellschaftssystem und Ökosystem), die miteinander in enger Wechselwirkung stehen. Sie funktionieren nach bestimmten „Selbststeuerungsmechanismen“ (Wirtschaftskreislauf, politische Meinungsbildung, Wasserkreislauf usw.). Die Selbststeuerungsfähigkeit von Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt hat Grenzen. Deren Überschreitung führt zum „Umkippen der Systeme“ wie zum Beispiel unkontrollierbare soziale Konflikte. Ein wesentliches Element der Selbststeuerungsfähigkeit ist die **Innovationsfähigkeit**. Die Stärkung der Innovationsfähigkeit kann daher die Systemstabilität und damit die Nachhaltigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft erhöhen.

¹ Eine ausführliche Diskussion und Erläuterung dieses Ansatzes bietet z. B. Prognos AG (1999-A), zu den Hintergründen dieses Ansatzes vgl. Hofer/Scheelhaase/Wolff (1998).

- **Prinzip der Überlebenssicherung:** Nicht nachhaltig sind „Kippsituationen“ in einem oder mehreren der drei Systeme. Solche Situationen können beispielsweise akute Wirtschaftskrisen, ökologische Katastrophen oder politische Umstürze sein, die nachträglich entweder gar nicht mehr oder nur unter sehr hohen Kosten reversibel sind. Kippsituationen können das Überleben bedrohen. Eine nachhaltige Entwicklung bedeutet deswegen auch Überlebenssicherung.
- **Zeitfaktor:** Die Bedingung für eine nachhaltige Entwicklung ist, dass die Stabilitätsgrenzen der Systeme Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt sowohl kurz- als auch langfristig nicht überschritten werden, denn das Überleben morgen setzt das Überleben heute voraus. Damit muss eine nachhaltige Entwicklung einen **Ausgleich** zwischen kurzfristigen und langfristigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen suchen und finden.
- **Risikomanagement:** Die Stabilitätsgrenzen und Selbststeuerungsmechanismen in Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt lassen sich nicht exakt definieren und sind wahrscheinlich nicht einmal zeitstabil (Prognoserisiko). Eine nachhaltige Entwicklung erfordert daher eine Risikobegrenzung nach dem Vorsorgeprinzip (Risikomanagement). Auch die Konsequenzen von Entscheidungen über Maßnahmen zur Risikominimierung sind unsicher und sollten daher so getroffen werden, dass zukünftige Schäden einer Fehlentscheidung möglichst klein gehalten werden (Fehlerrobustheit).
- Dieses Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung weicht relativ stark von dem **üblicherweise zu Grunde gelegten Leitbild** einer solchen Entwicklung ab. Bei der hier verwendeten Definition von Nachhaltigkeit wird auf die meist zu Grunde liegenden Annahmen über ethische Ziele und umfassende politische Handlungsspielräume verzichtet. Hingegen integriert dieser Ansatz das Problem der kontinuierlichen Abwägung zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Vor- und Nachteilen aktueller Entscheidungen vor dem Hintergrund zwangsläufig begrenzter wissenschaftlicher Erkenntnisse und großer Prognoseunsicherheiten. Gleichzeitig deckt er sich mit anderen Ansätzen, die ebenfalls die Erhaltung der Selbststeuerungs- oder Innovationsfähigkeit der Systeme in den Vordergrund rücken.²
- **Systemstabilität** lässt sich unter Bedingungen von **Unsicherheiten** nur erreichen, solange jedes Teilsystem, die ökologische Basis, der soziale Konsens und die Sach- und Humankapitalbildung, seine Wandlungsfähigkeit im Zeitab-

² Vgl. Prognos AG (1999), S. 46.

lauf behält und die Überschreitung von kritischen Grenzen, jenseits derer ein Absturz in chaotische Veränderungen droht, vermieden wird.

2.2 Elemente einer nachhaltigen Energieentwicklung

(1) Die bisherige Struktur der **Energienutzung und -erzeugung** genügt **nicht** den **Anforderungen** einer **nachhaltigen Entwicklung**. Viele Umweltbelastungen und Umweltveränderungen hängen direkt oder indirekt mit dem Einsatz von Energie zusammen. So ist bereits die Förderung und der Transport der Primärenergieträger wie Kohle, Öl und Gas mit erheblichen Eingriffen in die Natur verbunden. Gleichzeitig führt die Energienutzung zu Emissionen, die ihrerseits die Umwelt belasten. Weiterhin müssen viele schwer fassbare indirekte Zusammenhänge zwischen Energienutzung, wirtschaftlicher Entwicklung und Umweltveränderungen beachtet werden, wie sie in allen Industrie- und Entwicklungsländern auftreten. Sie schlagen sich in wachsenden Verstädterungstendenzen, Abfallmengen, Verkehrsströmen und sozialen Konflikten nieder.

Auf der anderen Seite ist **Energie** ein **unverzichtbarer Produktionsfaktor**. Der Einsatz von Energie ermöglicht erst wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand. Gleichzeitig ist Energie die **lebensnotwendige Basis** für die Versorgung der Menschen mit Wohnraum und Lebensmitteln.

(2) Auf der Basis der zuvor dargelegten und erläuterten Definitionen kann von einer **nachhaltigen Energieentwicklung** gesprochen werden, wenn es gelingt, einen **Ausgleich** zwischen den kurz- und langfristigen ökologischen, ökonomischen und sozialen Wirkungen der Energienutzung und -erzeugung zu finden. Das wichtigste Kriterium ist dabei die **Stabilität** des ökologischen, ökonomischen und sozialen Systems, die stets und gleichzeitig gegeben sein muss. Erst wenn dies gelingt, kann von einer wirklich nachhaltigen oder zukunftsfähigen Energieentwicklung gesprochen werden. Die in der Literatur und Politik bereits ausführlich diskutierten vielfältigen Ansätze und Vorschläge zeigen, dass es davon abweichende Definitionen einer zukunftsfähigen Energieentwicklung gibt.

(3) **Ansatzpunkte** für eine nachhaltige Energienutzung und -erzeugung bieten sich in vielen Bereichen. Dabei steht die Diskussion einer nachhaltigen Erzeugung und Nutzung von **elektrischem Strom** erst am Anfang. Strom wird in diesem Zusammenhang oftmals als „**Flaschenhals**“ oder Engpass in einer nachhaltigen Entwicklung bezeichnet, da vor allem durch die Umwandlungsverluste ein Großteil der eingesetzten Primärenergie ungenutzt bleibt und neue Anwendungstechnologien zu mehr Stromverbrauch führen. Die bereits existierenden Techniken eröffnen allerdings bereits zahlreiche Möglichkeiten zur rationellen Energiewandlung und zur Nutzung erneuerbarer Energien. Beispielsweise könnte Strom in erheblichem Maße eingespart werden, wenn schwerpunktartig energieeffiziente Stand-by-Schaltungen eingesetzt würden bzw. auf entsprechende Schaltungen verzichtet würde. Ein anderes Beispiel ist der zunehmende Einsatz von erneuerbaren Energien, beispielsweise von Windenergie zur Stromerzeugung. Vor diesem Hintergrund wird elektrischer Strom zunehmend zum **Schwerpunkt** und zugleich zum **Engpass** auf dem Weg zu einer **nachhaltigen Energiewirtschaft**.

(4) Um eine **nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung** identifizieren zu können, werden zunächst grundsätzliche **Nachhaltigkeitskriterien oder -indikatoren** benötigt. Diese geben an, welche generellen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zustände bzw. Ziele zu einer nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung beitragen können. Allerdings sollten diese Indikatoren, wie bereits eingangs erwähnt, eher als **Kompass** verstanden werden, der die im Prinzip einzuschlagende Richtung zeigt, und nicht als exakt definierte, unumstößliche quantitative Zielvorgaben. Denn Nachhaltigkeitsindikatoren sind vor dem Hintergrund zwangsläufig gegebener Prognoserisiken und unvollständiger wissenschaftlicher Erkenntnisse stets mit **Unsicherheiten** behaftet, wie nachfolgend noch näher ausgeführt wird.

2.3 Literaturübersicht zu den grundsätzlichen Kriterien

(1) **Kriterien** bzw. **Indikatoren** für eine nachhaltige Entwicklung der Energienutzung und -erzeugung werden in der Literatur bereits seit einigen Jahren intensiv diskutiert.³ Hingegen finden sich Kriterien für eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung nur implizit. Dabei ist Strom nicht nur gegenwärtig und auch zukünftig von großer Bedeutung, auf seine nachhaltige Nutzung und Erzeugung konzentrieren sich faktisch auch in der Literatur nahezu alle Kriterien für eine zukunftsfähige Energieentwicklung. Vor diesem Hintergrund ist es sachlich richtig, dass die in der Literatur diskutierten und vorgeschlagenen Kriterien für eine nachhaltige Energieentwicklung im folgenden mit solchen für eine nachhaltige Nutzung und Erzeugung von elektrischem Strom gleichzusetzen sind.

(2) Im folgenden werden zuerst die in der Literatur vorgeschlagenen **ökologischen** Indikatoren und daran anschließend die **ökonomischen** und **sozialen** Indikatoren für eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung dargestellt und diskutiert. Im Rahmen einer Schwerpunktsetzung werden nur Indikatoren mit **Zielcharakter** untersucht und damit die reinen Messindikatoren vernachlässigt.⁴ Wichtig ist dabei das Grundverständnis, dass im Ergebnis ein **System** aufeinander abgestimmter ökologischer, ökonomischer und sozialer Indikatoren wirken soll, die einzelnen Indikatoren also nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Dabei werden Zielkonflikte aller Voraussicht nach nicht immer auszuschließen sein.

2.3.1 Ökologische Indikatoren

(1) Generell werden sowohl **quantitative** als auch **qualitative** ökologische Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Stromnutzung und -erzeugung vorgeschlagen. Erste konkretere Ziele für eine solche Entwicklung wurden in der Agenda 21 formuliert. In den folgenden Tabellen 2-1 bis 2-6 sind die seitdem veröffentlichten und besonders wichtig erscheinenden quantitativen und qualitativen ökologischen Indikatoren für eine nachhaltige Energie-

³ Vgl. z. B. SRU (1994), Rennings (1994), Endres/Radke (1996), Radke (1997), Sachs et al. (1998) sowie ARL (1998).

⁴ Zu den Zielindikatoren würde z. B. ein Indikator gehören, der eine deutliche Reduktion der Armut bis zum Jahr 2010 fordert. In die Gruppe der Messindikatoren würde dagegen z. B. ein Indikator gehören, der den Anteil der Bevölkerung misst, der ein durchschnittliches Einkommen unterhalb einer bestimmten Schwelle bezieht. Entsprechend handelt es sich nicht um gegensätzliche, sondern um sich ergänzende Ansätze.

und Stromentwicklung einander synoptisch gegenübergestellt. Die dargestellten ökologischen Ziele verdeutlichen unabhängig vom jeweiligen Autor, dass **gravierende Veränderungen** und Einschnitte für eine nachhaltige Energieentwicklung **erforderlich** sind.

(2) Die Analyse der **methodischen Ansätze**, die zur Ableitung der jeweiligen quantitativen oder qualitativen ökologischen Ziele verwendet wurde (vgl. letzte Spalten der Tabellen), zeigt, dass drei – oft miteinander kombinierte – Argumentationslinien vorherrschen:

- ökologisch-naturwissenschaftliche Argumentation,
- politische Argumentation sowie
- normative Wertsetzungen als Argumente.

(3) Die **ökologisch-naturwissenschaftliche Argumentationslinie** basiert auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. So zieht beispielsweise die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages die Erkenntnisse der Klimaforschung heran. Demnach wird die Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme nicht überfordert, wenn die Erhöhung der mittleren globalen Temperatur der Erdatmosphäre höchstens 0,1 °C innerhalb eines Jahrzehnts beträgt. Insgesamt darf die Temperaturerhöhung nicht mehr als 1 bis 2 °C betragen. Dies hat zur Folge, dass die globalen CO₂-Emissionen um mindestens 50 Prozent bis zum Jahr 2050 (bezogen auf das Jahr 1990) gesenkt werden müssen.⁵

Insgesamt ist diese Argumentationslinie als vergleichsweise **objektiv**, weil (natur)wissenschaftlich begründbar, einzuschätzen.⁶ Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass die ökologischen Belastungsgrenzen auf dem **heutigen** naturwissenschaftlichen Kenntnisstand beruhen und bei neuen Erkenntnissen, z. B. über die Schädlichkeit bzw. Unschädlichkeit bestimmter Stoffe oder Konzentrationen möglicherweise nicht mehr aufrechterhalten werden können.

⁵ Vgl. Deutscher Bundestag (1995), S. 173.

⁶ Vgl. Kreibich (1996), S. 52.

Tabelle 2-1: CO₂-Reduktionsziele

Autor*	Bezugs-Raum	Jahr	Zieljahr								Method. Ansatz
			2000	2005	2010	2020	2030	2040	2050	Ohne Zieljahr	
Enquete-K. „Schutz Erdatmosphäre“ 1990	Industriestaaten Global	1987		-30 %		-45 %			-70 bis 80 %		pol.-ökologisch
		1987		Niveau 1987					-50 %		
IPCC 1996 – Modellergebnisse	Global	Gegenw.								-50 bis 70 % ³⁾	pol.-ökologisch
Oberösterreichische Umweltakademie 1995	Regional	1988		-20 %	-50 %						pol.-ökologisch
World Resources Institute 1995	Niederl.	1991/1988	-18 % ¹⁾			-50 % ²⁾					pol.-ökologisch
Sachverständigenrat für Umweltfragen 1998	National	-		-30 %							Systemar
Wuppertal Institut/... 1995, Sachs et al. 1998	National	1990			-35 %				-80 bis 90 %		Umweltraum
	Global								-50 bis 60 %		
Friends of the Earth Europe 1994a	EU 12	1990			-26 %		-68 %		-77 %		Umweltraum
Friends of the Earth Netherlands 1994b	National	1990			-60 %		-75 %				Umweltraum
INFRAS 1995	Schweiz	1990			-26 %				-68 %		Umweltraum
Friends of the Earth Österreich 1994c	National	1993			-25 %		-70 %	-80 %			Umweltraum
National Environment Plan 1989 u. 1994	National	1989	-4 %								Umweltraum
Niederländischer Rat für Umweltforschung 1994	National	-								-80 %	Umweltraum
Diefenbacher et al. 1997	Regional	k. A.	Möglichst niedrig								pol.-ökologisch
IIASA 1995	Global	1995							Stabilisierung		pol.-ökologisch
Öko-Institut 1996	National	1990	- 9 %	- 26 %	- 37 %	- 52 %			- 80 %		pol.-ökologisch
Umweltbundesamt 1997 Szenario A	National	1990		-25 %		- 30 %			- 70-80%		pol.-ökologisch
Umweltbundesamt 1997 Szenario B	National	1990		- 25 %		- 40 %			- 70 – 80%		pol.-ökologisch
WBGU 1996	Global	-	-1 % pro Jahr bis 2155								Invers-Szenario
Bundesregierung (Bund 2000-B und 2002-A)	National	1990		- 25 %	- 21 %	Weitere drastische Minderungen notwendig					pol.-ökologisch

1) incl. CH₄, N₂O, FCKWs, Halone

2) incl. CH₄, N₂O, FCKWs, Halone

3) Wenn sofortige Stabilisierung der CO₂- Konzentration auf heutigem Niveau erreicht werden soll.

* Quellenangabe im Literaturverzeichnis.

Quelle: Prognos

Tabelle 2-2: Methan-Reduktionsziele

Autor	Bezugs-		Zieljahr				Method. Ansatz
	Raum	Jahr	2000	2005	2020	2050	
Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" 1990	National	1987		-30 %	-50 %	-80 %	pol.-ökologisch
Sachverständigenrat für Umweltfragen 1996	National	1987		-30 %	-50%	-80%	Systemar
IPCC 1996 – Modellergebnisse	Global	1994				-8 % ³⁾	pol.-ökologisch
Oberösterreichische Umweltakademie 1995	Regional	-	Reduktion				pol.-ökologisch
World Resources Institute 1995	Niederlande	1991/1998	-18 % ¹⁾		-50 % ²⁾		pol.-ökologisch

- 1) incl. CO₂, N₂O, FCKWs, Halone
2) incl. CH₄, N₂O, FCKWs, Halone
3) Wenn sofortige Stabilisierung der Methan-Konzentration auf heutigem Niveau erreicht werden soll.

Quelle: Prognos

Tabelle 2-3: NO_x-Reduktionsziele

Autor*	Bezugs-		Zieljahr					Method. Ansatz
	Raum	Jahr	2000	2005	2010	2030	Ohne Zieljahr	
Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" 1990	National	1987		-50 %	-60 %	-80 %		pol.-ökologisch
IPCC 1996 – Modellergebnisse ⁴⁾	Global	1994					-50 %	pol.-ökologisch
Oberösterreichische Umweltakademie 1995	Regional		Reduktion					pol.-ökologisch
World Resources Institute 1995	Niederlande	1991	-41% ¹⁾		-65 % ²⁾		-90 % ³⁾	pol.-ökologisch
Sachverständigenrat für Umweltfragen 1996	National	1987		-80 %				Systemar
INFRAS 1995	National	1990			-77 %			Umweltraum
Wuppertal Institut / ... 1995	National	1995		-80 - 90 %				Umweltraum
National Environment Plan 1989 u. 1994	National	1989	-58 %					Umweltraum
Wissenschaftlicher Beirat globale Umweltveränderungen 1996	Global						Reduktion	Invers-Szenario

- 1) incl. SO_x, NH₃
2) incl. SO_x, NH₃
3) incl. SO_x, NH₃
4) Wenn sofortige Stabilisierung der NO_x-Konzentration auf heutigem Niveau erreicht werden soll.
* Quellenangabe im Literaturverzeichnis.

Quelle: Prognos

Tabelle 2-4: Reduktionsziele für die energetische Nutzung der Kernenergie

Autor*	Bezugs- raum	Bezugs- jahr	Zieljahr	
			2010	ohne Zieljahr
Wuppertal Institut / ... 1995	national	1990	-100%	
Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" 1990	national			Weitere Nutzung einer risikoarmen und umweltverträglichen Kerntechnik
Friends of the Earth Europe 1994a	EU 12		-100%	
Friends of the Earth Netherlands 1994b	national			Keine Errichtung neuer Kernkraftwerke
INFRAS 1995	national	1990	-100%	
Oberösterreichische Umweltakademie 1995	regional			Verzicht
Bundesregierung (Bund 2000-A und 2002-B)	national		Begrenzung der Betriebszeit je Anlage auf 32 Jahre und einer definierten Reststrommenge	

Quelle: Prognos; Methodischer Ansatz siehe vorherige Tabellen. * Quellenangabe im Literaturverzeichnis.

Tabelle 2-5: Ziele für erneuerbare Energien

Autor*	Bezugs-		Zieljahr			
	Raum	Jahr	2000	2010	2050	ohne Zieljahr
IIASA 1995	Global	1995			40%	Anteil an Weltenergieverbrauch bis 2100 auf über 80 %
Wuppertal Institut / ... 1995	national	1990				+3 bis 5% pro Jahr
Enquete-Kommission 1995	national					langfristig: weitere F+E-Maßnahmen
Sachverständigenrat für Umweltfragen 1996	national					langfristig: +400%
Friends of the Earth Europe 1994a	EU 12			+74%		
Öko-Institut 1996	national	1990	3,5 %	10,4 %		Anteil REGs an Primärenergie gesamt: bis 2020 18,2 %
INFRAS 1995	national	1990		+47%	+91%	
Friends of the Earth Österreich 1994c	national			Biomasse: +13%		

Quelle: Prognos; Methodischer Ansatz siehe vorherige Tabellen. * Quellenangabe im Literaturverzeichnis.

Tabelle 2-6: Reduktionsziele für fossile Brennstoffe

Autor*	Bezugs-		Zieljahr			
	Raum	Jahr	2000	2010	2050	Ohne Zieljahr
Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" 1990	National					Langfristig: Reduktion heimischer und eingeführter Kohle, schrittweise Substitution von Kohle durch Erdgas
IPCC 1996 – Modellergebnisse	Global					Umsteigen auf Brennstoffe mit geringem Kohlenstoffgehalt, Umsteigen auf nicht-fossile Energieträger (nukleare Energie; erneuerbare Energiequellen)
Wuppertal Institut / ... 1995, Sachs et al. 1998	National	1990		-25 %	-80 bis 90%	
Friends of the Earth Europe 1994a	EU 12			-22 %		Langfristig: -100 %
Friends of the Earth Netherlands 1994b	National					Reduktion
INFRAS 1995	National	1990		-23 %	-64 %	
IIASA 1995	Global	1990			- 40 %	Anteil der erneuerbaren Energien bis 2100: 80 %
Diefenbacher et al. 1997	Regional	k. A.				Geringe Entnahme
Friends of the Earth Österreich 1994c	National					Langfristig: -100 %
Niederländischer Rat für Umweltforschung 1994	National					Öl: -85 % Erdgas: -70 % Kohle: -20 %

Quelle: Prognos; Methodischer Ansatz siehe vorherige Tabellen. * Quellenangabe im Literaturverzeichnis.

(4) Die **politische Argumentation** greift vorwiegend auf bereits vorliegende internationale oder nationale Beschlüsse zurück und leitet daraus Reduktionsziele ab. Insofern zeichnet sich diese Argumentationslinie durch eine **relativ große politische Relevanz** in dem Sinne aus, dass bereits politische Mehrheiten für das jeweilige Ziel vorliegen bzw. zu einem bestimmten Zeitpunkt vorgelegen haben. Zu berücksichtigen sind hierbei folgende Aspekte, die sich ggf. als kritisch erweisen können: Politische Beschlüsse werden – mit Ausnahmen – eher selten auf der Basis von Nachhaltigkeitsüberlegungen gefällt. Somit ist nicht sicher, inwieweit diese Ziele tatsächlich „ökologisch nachhaltig“ sind. Hinzu kommt, dass **Beschlüsse** auf internationaler oder nationaler Ebene nur die eine Seite der Medaille sind – selbst wenn hierfür politische Mehrheiten gefunden worden sind, mangelt es oft an der **Umsetzung**. Insofern ist die Umsetzungsrelevanz solcherart gesetzter Nachhaltigkeitsziele vorsichtig einzuschätzen. Dies zeigt beispielsweise der zehn Jahre dauernde Verhandlungsprozess um die nationale Umsetzung der im Jahr 1992 beschlossenen Konvention zum Schutz des Erdklimas. Hier sind inzwischen zwar Fortschritte erzielt worden, die aber nicht von allen Unterzeichnerstaaten mitgetragen werden.

(5) **Normative Wertsetzungen** (z. B. im Rahmen des Umwelt-raum-Konzepts) werden ebenfalls relativ häufig als Argumente zur Ableitung von ökologischen Nachhaltigkeitszielen herangezogen. Das Konzept des Umweltraums geht in seinen Grundzügen auf Opschoor zurück und unterstellt, dass physische ökologische Grenzen existieren, innerhalb derer eine nachhaltige Entwicklung möglich ist. Unter einem Umweltraum wird diejenige Menge an **Ressourcen- und Umweltverbrauch** verstanden, die **nicht überschritten** werden darf, um die Zielvorstellungen einer nachhaltigen Entwicklung nicht zu gefährden.⁷ Der Umweltraum ergibt sich einerseits aus der **ökologischen Tragfähigkeit** von Ökosystemen, der Regenerationsfähigkeit natürlicher Ressourcen und deren Verfügbarkeit.⁸ Andererseits wird der Umweltraum von **Wertentscheidungen** bestimmt, die **normativ gesetzt** werden. Die am häufigsten anzutreffende Wertentscheidung lautet: Internationale Gerechtigkeit der Verteilung des Umweltraums, sowohl zwischen den jetzt lebenden Menschen als auch zwischen den Generationen.

Eine solche, normative Vorgehensweise liegt nahe, da das Konzept einer nachhaltigen Entwicklung in den allermeisten Fällen aus einem normativen Blickwinkel betrachtet wird. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass die anhand normativer Wertsetzungen

⁷ Vgl. Friends of the Earth Österreich (1994), S. 13.

⁸ Vgl. BUND und Misereor (1995), S. 14.

abgeleiteten Ziele im Prinzip angreifbar sind, weil die hierfür getroffenen Festlegungen u. a. bezüglich der intergenerativen Gerechtigkeit, der Gerechtigkeitsdimension „Nutzen“ sowie der egalitären Verteilungsregel nach Rawls auf **subjektiven** Wertvorstellungen beruhen. Werden diese Wertvorstellungen nun zur Zielbestimmung herangezogen, wird damit implizit oder explizit angenommen, dass die grundlegenden Zielvorstellungen, etwa die Überlebensfähigkeit der Menschheit insgesamt, die Entwicklung eines friedlichen Zusammenlebens aller Menschen oder die Gleichverteilung bestimmter Emissionsrechte incl. des Aspekts der inter- und infragenerativen Gerechtigkeit von **allen Menschen** geteilt werden.

Die wirtschaftliche und politische Realität zeigt jedoch, dass diese Bedingung gegenwärtig nicht erfüllt wird. Vielmehr sind die grundlegenden Zielvorstellungen der Menschen in der Realität sehr **unterschiedlich**, was sich beispielsweise an den Vorstellungen und Verhandlungen im Rahmen der Klimakonferenz in Kyoto im Jahr 1997 zeigen lässt: Während die Europäer dafür plädierten, die Treibhausgasemissionen der Industrieländer bis 2010 um 15 Prozent zu vermindern (Bezugsjahr 1990), sprachen sich die USA lediglich für eine Stabilisierung dieser Emissionen in den Industrie- und Entwicklungsländern auf dem Niveau von 1990 aus. Japan wiederum plädierte für eine Reduktion der Treibhausgase um 5 % bis zum Jahr 2010. Diese Vorschläge und das Resultat der Verhandlungen (minus 5,2 % bezogen auf 1990) belegen, dass die Zielvorstellungen bzw. die tatsächlichen Aktivitäten der Menschen – oder zumindest die Ziele und Handlungen der von ihnen gewählten Politiker – vom Postulat einer Gleichverteilung der Emissionsrechte pro Kopf einschließlich einer inter- und infragenerativen Gerechtigkeit sehr weit entfernt sind.

(6) **Insgesamt** ist jeder der diskutierten grundsätzlichen Ansätze zur Ableitung von ökologischen Nachhaltigkeitszielen unter bestimmten Aspekten mit Problemen verbunden. Die Kritik zeigt, wie schwierig es ist, konkrete Ziele für eine nachhaltige energetische Entwicklung abzuleiten. Insgesamt muss man sich wohl von der Vorstellung lösen, es gäbe „absolut korrekte“ Nachhaltigkeitsziele für Emissionen, Ressourcenentnahmen usw., wenn nur die „richtige“ Ableitungsmethode verwenden würde. Vielmehr dürfte jedes konkrete Nachhaltigkeitsziel mit Unsicherheiten und Schwächen behaftet sein, so dass es im Zeitablauf Änderungen unterworfen sein muss.

(7) Was bedeuten diese Einschränkungen nun für die **Politik**? Es bedeutet nicht, dass auf die Ableitung solcher Ziele grundsätzlich verzichtet werden sollte. Vielmehr sind diese Ziele **unverzichtbar**, weil sie beispielsweise helfen, schleichende Entwicklun-

gen im ökologischen Umfeld zu erkennen, die Richtung zu verdeutlichen, in die bestimmte Entwicklungen verlaufen müssen und einen Prozess hin zu anderen Wertvorstellungen anzustoßen. Man muss sich jedoch darüber im klaren sein, was Nachhaltigkeitsziele leisten können und was nicht.

Vor diesem Hintergrund sollten Nachhaltigkeitsziele im politischen Prozess für alle drei Aspekte des Nachhaltigkeitsgedankens konkretisiert werden. Sie können dann als „**Wegweiser**“ für eine Politik der zukunftsfähigen Stromnutzung und -erzeugung dienen. Dabei können sie zwei wichtige Funktionen erfüllen:

- **Erstens** sind sie der Ausgangspunkt für politische Maßnahmen.
- **Zweitens** kann an ihnen der Umsetzungserfolg gemessen bzw. abgeschätzt werden und – falls notwendig – eine nachträgliche Verbesserung der Maßnahmen ausgerichtet werden.

2.3.2 Ökonomische und soziale Indikatoren

(1) Auch zu ökonomischen und sozialen Indikatoren für eine nachhaltige Energieentwicklung, die eine solche Stromnutzung und -erzeugung beinhaltet, findet sich eine Fülle von Vorschlägen in der Literatur. Anders als bei den ökologischen Indikatoren dominieren hier aber **qualitativ formulierte Ziele**. Dabei ist eine Trennung bzw. eindeutige Zuordnung zu ökonomischen und sozialen Zielen nicht immer möglich, vielmehr gibt es relativ große Schnittmengen, so beispielsweise im Themenfeld Beschäftigung. Mit Blick auf die hier relevante Fragestellung wurde die Vielzahl der Zielvorschläge verdichtet und diese sind als Übersicht in den Tabellen 2-7 und 2-8 zusammengefasst dargestellt. Diese Auswahl wurde von zwei Überlegungen geleitet: Erstens sollte eine mehr oder weniger offensichtliche Verknüpfung des jeweiligen Ziels mit den Wirkungen der Energienutzung und -erzeugung gegeben sein. Aus diesem Grund wurden beispielsweise die Ziele im Bereich menschliche Gesundheit relativ stark eingegrenzt. Zweitens wurden nur solche Vorschläge einbezogen, die für Industriestaaten wie Deutschland von Bedeutung sind.

Es werden einige Ziele genannt, die auf den ersten Blick wenig energierelevant erscheinen. Hierzu gehört unter anderem das Ziel „Friedenssicherung“, welches eine Aufgabenstellung der deutschen **Außenpolitik** und nicht der Energiepolitik ist. Tatsächlich gibt es aber eine wichtige energierelevante Beziehung: Wenn im

Rahmen einer zukunftsfähigen Energieentwicklung wirksame Schritte zur Begrenzung des globalen Treibhauseffekts eingeleitet und umgesetzt werden, dient dies auch der Friedenssicherung. Denn im umgekehrten Fall ist u.U. mit krisenhaften Entwicklungen vor allem in den Ländern zu rechnen, die von den Folgen des Treibhauseffekts am direktesten betroffen sind (Überschwemmungen, Dürren, Hungersnöte). Und dies wiederum kann den Frieden auf der Welt gefährden.

(2) Die energiepolitischen Ziele „**Versorgungssicherheit**“ und „**Wirtschaftlichkeit der Energienutzung und –erzeugung**“ bedürfen im Rahmen einer zukunftsfähigen Stromnutzung und –erzeugung einer besonderen Beachtung (vgl. Tabelle 2-7). Das Kriterium der **Wirtschaftlichkeit** gehört ebenso wie das der Versorgungssicherheit zu den grundlegenden Zielen der Energiepolitik. Ob Zielkonflikte zwischen dem Kriterium der **Wirtschaftlichkeit** und den zuvor dargestellten ökologischen Nachhaltigkeitskriterien vorliegen, hängt sehr davon ab, wie der Begriff der Wirtschaftlichkeit definiert wird.

Wird eine betriebswirtschaftliche Definition zu Grunde gelegt, so werden (nur) die kurzfristigen, monetär direkt erfassbaren Kosten und Erträge berücksichtigt. Werden hingegen auch die **externen Kosten** der Energieversorgung, potenzielle Langzeitschäden und Langzeitkosten mit einbezogen, ist eine so definierte Wirtschaftlichkeit der Energienutzung und –erzeugung mit dem Nachhaltigkeitsgedanken unmittelbar vereinbar.

Erste grobe Abschätzungen haben gezeigt, dass die externen Kosten der Stromerzeugung unterschiedlicher Systeme relativ stark voneinander abweichen: So wurden beispielsweise für Kohlekraftwerke externe Kosten in einer Bandbreite von 1,1 bis 6,5 ct/kWh, für GuD-Anlagen von 0,4 bis 1,9 ct/kWh sowie für Windkraftanlagen von 0,03 bis 0,1 ct/kWh geschätzt.⁹

Vor diesem Hintergrund kehrt sich die gegenwärtige Kosten- bzw. Wirtschaftlichkeitssituation der verschiedenen Stromerzeugungsanlagen um: Unter Einbeziehung der externen Kosten (Internalisierung externer Effekte) wären demnach erneuerbare Energien größtenteils deutlich günstiger zu beurteilen als die konventionellen Energieträger.

9 Vgl. Friedrich/Krewitt (1998), S. 792 f.

Tabelle 2-7: Ausgewählte ökonomische Ziele

Autor	Ziele
Angesprochener Bereich: Wirtschaftliche Entwicklung und Stabilität	
Agenda 21, 1992	- Liberalisierung des Welthandels; - Finanzielle Mittel für Entwicklungsländer; - Umwelt- und entwicklungsfreundliche Wirtschaftspolitik
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Dauerhaft verträgliches wirtschaftliches Wachstum; - Stetige wirtschaftliche Entwicklung; - Geldwertstabilität; - Außenhandelsbalance; - Wettbewerbsfähigkeit; - Branchen- und Unternehmensvielfalt; - Innovationsfähigkeit; - Krisenfestigkeit
OECD 1997	- Schaffung des höchsten nachhaltigen Wirtschaftswachstums; - Finanzstabilität; - Förderung einer gesunden wirtschaftlichen Entwicklung; - Ausdehnung des Welthandels; - Anhebung des Lebensstandards
CSD 1996	- Verstärkte internationale Zusammenarbeit zur Beschleunigung einer nachhaltigen Entwicklung in den Entwicklungsländern; - Zunehmender Transfer umweltfreundlicher Technologien, Kooperationen und Stärkung personeller und institutioneller Kapazitäten; - Erhöhung der Entwicklungshilfezahlungen; - Verminderung der Nettoverschuldung der Entwicklungsländer
FAO 1996	- Nachhaltige Handelspolitik zur Förderung der Nahrungssicherheit
Forum Umwelt und Entwicklung 1997	- Erhöhung der Lebensqualität; Befriedigung materieller Bedürfnisse
Diefenbacher et al. (regional) 1997	- Ausgeglichene Wirtschaftsstruktur; - Preisniveaustabilität; - Gesunde Struktur öffentlicher Haushalte; - Angemessener Privater Verbrauch; - Möglichst hoher Grad regionaler Selbstversorgung
Angesprochener Bereich: Umweltschutz und Ressourcenschonung	
Agenda 21, 1992	- Schaffung von umweltfreundlichen Konsum- und Produktionsgewohnheiten; - Förderung umweltfreundlicher Produktion u. des Umweltmanagements
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Ressourcenschonung
CSD 1996	- Verringerung des Energieverbrauchs (Energienutzung und -erzeugung); - Verringerung des Anteils ressourcenintensiver Industrien
Forum Umwelt und Entwicklung 1997	- Vorsorgendes Wirtschaften; - Verringerung der Ressourcenströme
Landesumweltprogramm Oberösterreich (regional) 1995	- Entwicklung und Förderung nachhaltiger Technologien; - Ökologische Produktgestaltung; - Substitution von Produkten durch Dienstleistungen
Angesprochener Bereich: Beschäftigung	
Agenda 21, 1992	- Nachhaltige Vollbeschäftigung
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Stabilität der Beschäftigung; - Annäherung an Vollbeschäftigung
Diefenbacher et al. 1997	- Gleichmäßige Verteilung der Arbeit
Landesumweltprogramm Oberösterreich (regional) 1995	- Schaffung dauerhafter Arbeitsplätze
Angesprochener Bereich: Energie	
Forum für Zukunftsenergien, Eichelbrönnner/Henssen 1998	Versorgungssicherheit, Effizienz der Energiesysteme im Sinne niedriger Kosten

Quelle: Prognos

Tabelle 2-8: Ausgewählte soziale Ziele

Autor	Ziele
Angesprochener Bereich: Allgemeine Lebensbedingungen	
Agenda 21, Enquete-Kommission 1994 ff., OECD 1997	- Freiheit; Soziale Sicherheit; - Gleichberechtigung von Mann und Frau, Schutz von Kindern und Jugendlichen; - Hohe Qualität der Arbeit; - Sicherung der sozialen Stabilität - Sicherung der Entwicklungs- und Funktionsfähigkeit einer Gesellschaft; - Verteilungsgerechtigkeit: Generationenvertrag und intergenerative Gerechtigkeit - Stärkung sozialer und lokaler Selbstorganisation
FAO, Enquete-Kommission 1994 ff.	- Friedenssicherung
Forum Umwelt und Entwicklung, Enquete-Kommission 1994 ff.	- Stärkung des sozialen Zusammenhalts, Chancengleichheit; - Gerechte Verteilung von Arbeit und Einkommen
Diefenbacher et al. 1997	- Hohes Sicherheitsniveau; - Gleichmäßige Einkommens- und Vermögensverteilung
Angesprochener Bereich: Gesundheit	
Agenda 21 1992, World Ressources Institute 1998, Landesumweltprogramm Oberösterreich (regional) 1995	- Reduzierung der durch Umweltverschmutzung bedingten Gesundheitsrisiken (Verringerung der SO₂, NO_x-Emissionen, Vorsorge gegen Strahlenbelastungen, Vermeidung von Schwermetallemissionen und Lärm)
Enquete-Kommission 1997	- Verstärkung der Prävention von Krankheiten; - Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz
Angesprochener Bereich: Bauen und Wohnen	
Agenda 21 1992, CSD 1996	- Alle Haushalte sollen Zugang zu eigenem Grund und Boden bekommen; - Angemessene Infrastruktur in allen Wohn- und Siedlungsräumen; - Umweltverträgliche Raumplanung; - Umweltverträgliches Bauen
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Verbesserung der Umweltqualität in Wohn- und Siedlungsräumen; - Rationelle Energiewandlung im Bereich Private Haushalte; - Nachhaltige Flächennutzung und Stadtentwicklung
Diefenbacher et al. 1997	- Ausgewogene Siedlungs- und Bevölkerungsstruktur
Angesprochener Bereich: Bildung, Ausbildung, Kultur	
Agenda 21 1992, CSD 1996	- Gewährleistung eines sicheren Zugangs zu Ausbildungsmöglichkeiten aller Bevölkerungsgruppen; - Förderung der Umweltbildung; Förderung von Umweltbewusstsein
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Gleiche Bildungschancen für alle Menschen - Hohes Niveau von Kultur und Ausbildung; - Hohes Bildungs- und Informationsangebot
Diefenbacher et al. 1997	- Hohes Niveau von Ausbildung und Kultur
Landesumweltprogramm Oberösterreich 1995	- Integrierte Umweltbildung
Angesprochener Bereich: Mobilität	
Agenda 21, 1992	- Umweltverträgliche Verkehrssysteme
Enquete-Kommission 1994 ff.	- Erreichbarkeit wichtiger Zielorte; - Erfüllung der Mobilitäts-Grundbedürfnisse
Diefenbacher et al. 1997, Landesumweltprogramm Oberösterreich (regional) 1995	- Umweltverträgliche Deckung des Mobilitätsbedarfs; - Förderung des öffentlichen Verkehrs; - Verkehrsreduzierende Raumstrukturen; - Aufbau von Verkehrsinfrastruktur zur Unterstützung einer nachhaltigen Mobilität

Quelle: Prognos in Anlehnung an Öko-Institut (1999).

(3) **Versorgungssicherheit** meint gemeinhin ein jederzeit zur Deckung der jeweiligen Nachfrage ausreichendes Angebot an Energieträgern, wobei das Schwergewicht auf der Bereitstellung des Angebots liegt und die Nachfrage als gegeben hingenommen wird. Eine solche Sichtweise birgt jedoch aus Sicht der meisten Autoren in der neueren Literatur erhebliche ökologische und ökonomische **Risiken** für eine zukunftsfähige Stromnutzung- und -erzeugung:¹⁰

- Eine als gegeben betrachtete und damit sich trendmäßig entwickelnde Nachfrage nach Energieträgern führt zu steigenden energiebedingten Emissionen, Klimaveränderungen, Umweltschäden und dazu, dass die (energetischen) Ressourcen der Erde langfristig aufgebraucht werden.
- Ökonomische Risiken gehen von den langfristig zu erwartenden Verschiebungen in der regionalen Struktur der Anbieter von Öl und Gas aus: Es ist davon auszugehen, dass die Nachfrage nach diesen Energieträgern künftig deutlich weiter steigen wird, insbesondere, wenn die heutigen Entwicklungsländer einen raschen Aufholprozess nach westlichem Muster durchlaufen. Auf Grund der regionalen Verteilung und der zeitlichen Reichweite der Energievorkommen wird die Versorgung künftig schwergewichtig von politisch eher instabilen Regionen (Nahe und Mittlerer Osten, Russland, Kasachstan, Kaspisches Becken) erfolgen. Damit erhöht sich das Risiko von Versorgungsengpässen oder kräftigen Preissteigerungen.

Vor diesem Hintergrund wird allgemein vorgeschlagen, auf der **Angebotsseite** die **Importbezugsquellen** und den **Energiemix** möglichst **breit zu fächern**, um die Abhängigkeiten von einzelnen Regionen oder Energieträgern zu mindern. Hierzu soll verstärkt die inländische Nutzung regenerativer Energiequellen ausgebaut werden. Ob im Rahmen einer solchen Strategie auch die Kernenergie genutzt werden soll, ist umstritten.^{11/12} Für Deutschland ist mit der Vereinbarung über die Beschränkung des Betriebs von Kernkraftwerken zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen ein Ausstieg aus der Kernenergienutzung vereinbart worden [Bund 2000-A]. Aufgrund dieser Vereinbarung wird für jede Anlage die Regellaufzeit auf 32 Jahre begrenzt. Diese Vereinbarung wurde mit der Novelle des Atomgesetzes im Jahr 2002 rechtlich abgesichert [Bund 2002-B].

10 So z. B. Prognos/EWI (2000), S. 8 ff., Friedrich/Krewitt (1998), S. 789 ff.; Eichelbrönnner/Henssen (1998), S. 496 ff.

11 Vgl. Eichelbrönnner/Henssen (1998), S. 498 ff.

12 Vgl. EU-Grünbuch zur Energieversorgungssicherheit (EU 2000).

Unter Berücksichtigung der mittel- und langfristigen künftigen Anforderungen an eine zukunftsfähige Stromnutzung und -erzeugung reichen diese Ansätze aber nicht aus, vielmehr ist aus Sicht der energiewissenschaftlichen Literatur auch die **Nachfrage-seite** in die Betrachtung einzubeziehen. Ziel ist es, den Verbrauch fossiler Energie im Inland stärker als bisher zu senken. Dazu kann vor allem eine stärkere **rationelle Energiewandlung** (Energiesparen) beitragen. Wird diese zweigeteilte Strategie umgesetzt, erweitert sich der Handlungsspielraum und die Energieversorgung ist auf Dauer und auch bei veränderten Rahmenbedingungen gewährleistet.

(4) **Insgesamt** vermitteln die ökonomischen und sozialen Ziele ein recht **heterogenes Bild**.¹³ Vordergründig scheinen zwar überwiegend ähnliche Ziele vorgeschlagen zu werden. Bei einer näheren Betrachtung fällt aber auf, dass – zumindest bei einigen Bereichen – durchaus unterschiedliche, **sich widersprechende Ziele** aufgestellt worden sind. Dies gilt beispielsweise für das Ziel der OECD „Ausdehnung des Welthandels“ und die Forderung des Forums für Umwelt und Entwicklung nach einer „Verringerung der Ressourcenströme“. Hier liegt offensichtlich ein **Zielkonflikt** vor. Weiterhin fällt auf, dass einige Ziele **sehr allgemein** formuliert sind. Wenn diese Ziele konkretisiert werden, können ebenfalls **Zielkonflikte** auftreten. Vor diesem Hintergrund könnte beispielsweise die „Förderung der gesunden wirtschaftlichen Entwicklung“ (OECD) einer ressourcenschonenden Entwicklung zuwiderlaufen. Insofern besteht in manchen Bereichen noch ein relativ großer Diskussions- und Vereinheitlichungsbedarf, während an anderer Stelle, z. B. in den Bereichen Gesundheit oder Allgemeine Lebensbedingungen bereits ein relativ breiter Konsens besteht.

Mit Blick auf die zur Ableitung der jeweiligen Ziele angewandten **Methodik** dominieren hier normative Wertsetzungen und/oder politische Beschlüsse. Damit ergeben sich bei den gezeigten ökonomischen und sozialen Indikatoren für eine zukunftsfähige energetische Entwicklung im Prinzip die gleichen Probleme wie bei den dargestellten ökologischen Zielen (Umsetzungsrelevanz ggf. nicht gegeben, normative Setzungen werden nicht von allen Menschen geteilt). Insofern sind auch die dargestellten ökonomischen und sozialen Zielsetzungen im Prinzip angreifbar.

Auf der anderen Seite sind diese Ziele jedoch überaus wichtig, um den ökonomischen und sozialen Veränderungsbedarf zu identifizieren. Sie stellen die **Basis** für Maßnahmen zur Umsetzung einer zukunftsfähigen Stromnutzung und -erzeugung dar. Deshalb sind die ökonomischen und sozialen Ziele – gemeinsam mit den ökologischen Zielen – eine **elementare Grundlage** für die weitere Untersuchung.

13 Vgl. Öko-Institut (1999), S. 3.

2.4 Ein Kompass für die Untersuchung

(1) In dem nun folgenden Abschnitt wird eine **Synthese** zwischen den verschiedenen in der Literatur vorgeschlagenen Ansätzen hergestellt. Auf diese Weise wird ein **Kompass** für eine nachhaltige Stromnutzung und -erzeugung in Deutschland geschaffen.

(2) Die Erstellung dieses Kompasses wurde von **drei Überlegungen** geleitet:

- Um ein praktikables Konzept zu entwickeln, ist es zunächst notwendig, aus der Fülle von Vorschlägen bzw. Einzelzielen diejenigen Kriterien herauszufiltern, die für eine zukunftsfähige Energieentwicklung in Deutschland auf jeden Fall notwendig sind. Damit wird bewusst eine **Eingrenzung** vorgenommen und entsprechend werden einige Aspekte vernachlässigt. Eine solche Vorgehensweise ist jedoch erforderlich, um ein operables Konzept erstellen zu können.
- Die in der Literatur vorgeschlagenen Ziele weichen in einzelnen Bereichen deutlich voneinander ab. Um dem gerecht zu werden, wurde jeweils die **durchschnittliche Bandbreite** der jeweils pro Schadstoff/Bereich vorgeschlagenen Ziele ermittelt. Hieraus werden dann Kriterien für den Veränderungsbedarf abgeleitet. Diesem Ansatz liegt die Vorstellung zugrunde, dass die einzelnen vorgeschlagenen Ziele als **Richtungs- bzw. Wegweiser** für eine zukunftsfähige Stromnutzung und -erzeugung aufgefasst werden sollten und nicht als punktgenau zu erreichende Vorgaben.
- Allerdings werden bereits bestehende **politische Vereinbarungen** in bestimmten Fällen als **Mindestbedingungen** aufgefasst, die es auf jeden Fall im Rahmen einer nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung zu erreichen gilt. Dies ist dann der Fall, wenn die politischen Vereinbarungen nennenswert unter der durchschnittlichen Bandbreite der jeweiligen Literaturziele liegen. Hintergrund war die Überlegung, dass die jeweiligen politischen Ziele auf Grund geltender Übereinkommen bzw. nationaler Verpflichtungen ohnehin eingehalten werden müssen.

Um es an einem **Beispiel** konkret zu machen: Deutschland hat sich im Rahmen des europäischen Burden Sharing verpflichtet, die nationalen Treibhausgasemissionen bis 2008/2012 um 21 %

gegenüber 1990 zu verringern.¹⁴ Die in der Literatur vorgeschlagenen Ziele liegen mit einer durchschnittlichen Bandbreite von 30 % bis 40 % im Zeitraum 2010/2020 aber höher. Entsprechend wird das politische Minderungsziel als **Mindestbedingung** angesehen und die in der Literatur vorgeschlagenen Ziele werden als durchschnittliche Bandbreite daneben gestellt, um die Richtung des Reduktionsbedarfs zu verdeutlichen.

Der auf diese Weise erstellte **Kompass** für eine **nachhaltige Stromnutzung und –erzeugung in Deutschland** ist in Tabelle 2-9 dargestellt. Im Sinne eines Richtungs- oder Wegweisers stellt der Kompass eine elementare Grundlage dar.

¹⁴ Unter Anrechnung von CO₂-Senken umfasst diese Verpflichtung nunmehr eine Senkung um 19,5 %.

Tabelle 2-9: Kompass für eine nachhaltige Stromerzeugung und –nutzung in Deutschland

Bereich	Mindestanforderungen		Ziele		
Ökologie					
	2005	2008/2012	2005	2010/2020	2040/2050
CO ₂ / weitere Treibhausgase	CO ₂ : - 25 % auf Basis 1990	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, PFC, HFC, SF ₆ : -21 % Basis 1990/95	- 25 % (Basis 1990/95)	- 30 – 40 % Basis 1990 bzw. 1995	- 70 – 80 % Basis 1990 bzw. 1995
SO ₂	- 92 % in 2010 auf Basis 1990 (ECE-Ziel)		k. A.	- 70 – 80 %	k. A.
NO _x	- 60 % in 2010 auf Basis 1990 (ECE-Ziel)		- 60 - 70 %	- 70 – 90 %	- 90 – 100%
Erneuerbare Energien	2010	2030/2050	2010/2020	2040/2050	
	10 % der Stromerzeugung, 4 % des Primär-Energieverbrauchs	25 bzw. 50 % Primär-Energieverbrauch	+ 40 bis 50 %	+ 70 bis 90 %	
Fossile Brennstoffe, Uran	Ausstieg aus der Kernenergie nach durchschnittlich 32 Jahren Betriebsdauer der KKW		2005/2010	2040/2050	
			Stilllegung von ca. 12% der Erzeugung -20 bis -25 % fossile Energien	Keine Kernenergienutzung -80 bis -100% fossile Energien	
Rationelle Energiew.	Jährliche Energieeffizienzsteigerung um 3,5 % bis 2020 (BMU-Umweltprogramm)				
Ökonomie/Sozialsystem					
Internationale übergeordnete Ziele	Sicherung international funktionsfähiger Zusammenarbeit durch fairen Welthandel von Gütern und Rohstoffen, Sicherstellung eines angemessenen Finanz-, Technologie- und Innovationstransfers zwischen Industrie- und Entwicklungsländern und gezielte friedenssichernde Maßnahmen				
Nationale Wirtschaftsstruktur	Mögl. große Branchen- und Unternehmensvielfalt, hohe Innovationsfähigkeit und Krisenfestigkeit				
Produktions- und Konsumgewohnheiten	Unterstützung nachhaltiger Konsum- und Produktionsweisen, öko-efizienter Dienstleistungen (nicht nur Energiedienstleistungen, sondern z. B. auch Car-Sharing etc.)				
Gesundheit	Reduzierung der energiebedingten Gesundheitsrisiken: Verringerung der Emissionen, Vorsorge gegen Strahlenbelastungen, Vermeidung von Schwermetallemissionen und Lärm				
Beschäftigung	Keine Arbeitsplatzverluste auf gesamtwirtschaftlicher Ebene, ggf. erforderliche strukturelle Veränderungen (Verschiebungen zwischen Sektoren u. Veränderung der Qualifikationsstruktur) müssen sozial- und wirtschaftsverträglich gestaltet werden			(nachhaltige) Vollbeschäftigung	
Soziale Verträglichkeit	Energie muss auch für sozial schwache Haushalte bezahlbar sein und bleiben, das bedeutet auch, dass sie die Möglichkeit zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen haben sollten, um ihre Energierechnung zu senken				
Versorgungssicherheit	Ist zu gewährleisten durch Diversifikation der Energiequellen und –träger, durch entsprechenden Netzbetrieb sowie durch Energieeffizienzsteigerungen (bei Energieerzeugung und –nutzung)				
Wirtschaftlichkeit	Betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit der Investitionen/Maßnahmen muss gegeben sein, erneuerbare Energien und Techniken zur Energieeffizienzsteigerung ggf. fördern (als Markteinführungsstrategie); Internalisierung externer Effekte				
Infrastruktur für Energie	Aufbau, Erhalt und Optimierung der zur Energieversorgung und Energieeffizienzsteigerung notwendigen Infrastruktur (Strom- u. Gasnetz incl. Regelung für Betrieb, Energieeffizienzagentur)				

k. A.: Keine ausreichenden Angaben verfügbar. Quelle: Prognos und Wuppertal-Institut.

3 Prüfung zukunftsfähiger Stromnutzungs- und -erzeugungstechnologien

3.1 Expertenbefragung

(1) Die Bewertung von Stromnutzungs- und –erzeugungstechnologien auf ihre Nachhaltigkeit erfordert einerseits die Berücksichtigung der vielfältigen Einflussgrößen und andererseits ein praktikables und nachvollziehbares Verfahren, so dass die Bewertungsergebnisse eine breite Akzeptanz finden.

Das Ergebnis einer Bewertung wird wesentlich durch die Wahl des Bewertungsverfahrens, der Bewertungskriterien und der Bewertungsmaßstäbe mitbestimmt. Vor allem, wenn die Bewertung durch einen Einzelnen – auch eine einzelne Institution – vorgenommen wird, kann bei aller objektiven Herangehensweise eine „einseitige“ Betrachtung des zu bewertenden Objektes nicht ausgeschlossen werden. Das kann bereits allein dadurch geschehen, dass der einzelnen Institution, die die Bewertung durchführt, bestimmte Datengrundlagen als Bewertungsmaßstab nicht zur Verfügung stehen oder unbekannt sind. Es ist davon auszugehen, dass mit der Zunahme der in die Bewertung einbezogenen Personen oder Institutionen auch die Akzeptanz der Bewertungsergebnisse zunimmt.

(2) Im Rahmen der Untersuchung wurde daher von der Prognos AG angeregt, die Nachhaltigkeitsbewertung der ausgewählten Technologien nicht durch die Prognos AG alleine vornehmen zu lassen, sondern weitere Personen bzw. Institutionen in die Bewertung mittels einer **Expertenbefragung** einzubeziehen.

Für die **Auswahl der einbezogenen Experten** wurde als Grundbedingung eine Unabhängigkeit von Produkt- bzw. Technikinteressen vorausgesetzt. Die Einbeziehung von Anlagenherstellern in die Expertenbefragung war somit ausgeschlossen. Realistischerweise muss aber gesehen werden, dass auch unabhängige Institutionen zum Beispiel eine eher ökologische oder eher ökonomische Ausrichtung besitzen und daher bei der Expertenauswahl die Breite der unterschiedlichen Interessenschwerpunkte gewährleistet sein muss.

(3) In die Expertenbefragung wurden folgende Institutionen, die sich mit energiewirtschaftlichen und energietechnischen Fragestellungen befassen, einbezogen:

- DLR Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., Stuttgart
- EWI Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln
- IER Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart
- IEU Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig
- ISI Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.)
- Öko-Institut e. V., Freiburg
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal

Seitens IER und ISI wurden nach Zusendung der Bewertungsunterlagen Bedenken gegen das vorgeschlagene Bewertungsverfahren angemerkt und daher keine Bewertungen abgegeben. Hierauf wird nachfolgend in Abs.-Nr. (6) näher eingegangen.

Vom EWI wurde aufgrund der Fachkompetenz eine Bewertung nur für die Stromerzeugungstechnologien abgegeben. Seitens der einbezogenen Experten wurde darüber hinaus gemäß dem eigenen Wissenstands nicht jede Technologie bewertet.

(4) Für die **Expertenbefragung** wurde ein **Fragebogen** erstellt, der die ausgewählten Stromnutzungs- und –erzeugungstechnologien enthält und mit dessen Hilfe diese mit den im nachfolgenden Kapitel erläuterten Prüfkriterien bewertet (⇒ *Anhang 1*). Es wurde eine **qualitative Bewertung** nach dem Muster

- deutlich vorteilhafter,
- vorteilhafter,
- keine relevanten Vor- und Nachteile,
- ungünstiger,
- deutlich ungünstiger,
- keine klare Bewertung möglich¹⁵

im Vergleich zur jeweiligen Alternativtechnologie durchgeführt.

¹⁵ Eine „klare“ Bewertung konnte zum Beispiel ausscheiden, weil die wissenschaftlichen Erkenntnisse widersprüchlich sind oder insbesondere bei einem längerfristigen Zeithorizont aus heutiger Sicht keine Bewertung möglich erscheint.

Um die **zeitliche Dimension** in der Bewertung zu berücksichtigen, wurde jede Technologie für einen langfristigen Zeitraum (bis 2020) und für einen sehr langfristigen Zeitraum (bis 2050) bewertet.

(5) Mit der Bewertung war das **Ziel** verbunden, eine Aussage zu erhalten, ob die jeweilige Technologie bessere oder schlechtere Systemqualitäten als die Vergleichstechnologie besitzt und sich diese Systemqualitäten im Zeitablauf ändern.

Es wurde nicht erwartet, dass mit der Bewertung eine absolut nachhaltige Stromtechnologie identifiziert werden kann, die bei allen Prüfkriterien „100 %“ erreicht. Diese Technologie wird es wahrscheinlich auch nicht geben.

Vor diesem Zielhintergrund wurde bewusst ein qualitativer Ansatz für das Bewertungsverfahren gewählt und auf die explizite Berücksichtigung bekannter quantitativer Ergebnisse zu einzelnen Technologien verzichtet. Hierfür sprachen insbesondere zwei Gründe:

- Den in die Befragung einbezogenen Experten sollte eine effiziente Bewertung ermöglicht werden, die bei allem verbleibenden Umfang möglichst rationell durchzuführen sein sollte. Nur auf diese Weise war es möglich, die Einschätzungen und das Wissen externer Experten mit vertretbarem Aufwand in die Bewertung einzubeziehen.
- Mit der Wahl eines qualitativen Ansatzes wurde berücksichtigt, dass vor allem für den sehr langfristigen Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050 aus heutiger Sicht nur wenig Erkenntnisse hinsichtlich tatsächlicher quantitativer Technikentwicklungen bekannt sind, also quantitative Parameter wohl nur eine tatsächlich nicht vorhandene Bewertungsgenauigkeit vortäuschen würden. In qualitativer Hinsicht aber sehr wohl Technikinnovationen und – bei allen Unwägbarkeiten über die Entwicklung der nächsten 50 Jahre – erwartbare Unterschiede zwischen den Technologien eingeschätzt werden können. Heute bekannte quantitative Erkenntnisse bei den einzelnen Prüfkriterien können innerhalb des Bewertungsrasters von deutlich vorteilhafter bis deutlich ungünstiger zum Ausdruck gebracht werden. Für die in dieser Untersuchung behandelte Fragestellung reichte die gewählte fünfstufige Klassifizierung aus.

(6) Wie bereits zuvor erwähnt wurde, haben sich IER und ISI an der Expertenbefragung vor allem wegen methodischer Bedenken nicht beteiligt. Im wesentlichen wurden von IER und ISI in ähnlicher Weise folgende Gründe genannt:

- Für den heutigen Stand der Technik sind quantitative Vergleiche möglich, so dass ein qualitatives Bewertungsverfahren nicht angemessen ist.

- Aussagen für zukünftige Anlagen sind sehr stark von Entwicklungen bei den Vorleistungsstrukturen abhängig. Deshalb sind derzeit Aussagen für einen Zeitraum bis 2020 oder gar 2050 nicht möglich. Hierzu wären noch methodische Grundlagenarbeiten zu leisten.
- Die Auswahl der Prüfkriterien scheint nicht ausgewogen, wie zum Beispiel die Überbetonung der CO₂-Emissionen und die fehlende Trennung zwischen direkten und indirekten Effekten.
- Der reine Technikbezug erscheint nicht sinnvoll, da es einer Versorgungsaufgabe bedarf, die zum Beispiel Informationen über die fluktuierende Erzeugung, die Aufteilung der Koppelproduktion von Strom und Wärme sowie die Ausnutzungsdauer der Kraftwerke erfordert.
- Bei Nachhaltigkeitsüberlegungen ist nicht nur nach sinnvollen Alternativen zur Stromnutzung zu suchen, sondern es stellt sich auch die Frage, wo Strom als sinnvolle Alternative eingesetzt werden kann.
- Die Bewertung der Stromnutzungstechnologien ist generell stark von der Erzeugungsstruktur abhängig. Diese Abhängigkeit kann durch den Fragebogen nicht zum Ausdruck gebracht werden.

Aus der Sicht der Prognos AG sind die Einwendungen zur Expertenbefragung bzw. dem qualitativen Bewertungsverfahren zum Teil zwar berechtigt, aber wenig hilfreich, wenn versucht werden soll, den Blick weit nach vorne zu richten.

Es ist richtig, dass für viele Technologien für den derzeitigen Stand der Technik quantitative Vergleiche vorliegen. Wenn in dieser Untersuchung nunmehr ein Zeithorizont bis zum Jahr 2050 betrachtet werden soll, kann aber hinsichtlich der künftigen Nachhaltigkeit von Technologien nicht auf ausstehende Grundlagenarbeiten gewartet werden.

Die qualitative Bewertung hat sicherlich ihre Schwächen und wird – wie zuvor dargestellt – nicht auf ungeteilte Zustimmung stoßen. Für die zu entwickelnde Vision der Stromversorgung bis zum Jahr 2050 ist sie dennoch aus Sicht der Prognos AG ein wichtiges Instrument.

3.2 Bewertungsportfolio

(1) Alle bisherigen Analysen beziehen sich auf Anforderungen zur nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung für die **Gesamtsysteme Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft**. Der hierfür entworfene Nachhaltigkeitskompass gibt die Richtung des Veränderungsbedarfs an. Er lässt sich aber nicht ohne weiteres auf **einzelne stromnutzende bzw. -erzeugende Techniken oder Systemlösungen** übertragen. Dies hängt unmittelbar damit zusammen, dass Nachhaltigkeit von Technologien und Verfahren unseres Erachtens nie absolut verstanden werden darf, sondern immer nur als **„relativer Beitrag der jeweiligen Technologien zur Nachhaltigkeit des Gesamtsystems“** im Vergleich zu anderen, alternativen Technologien und Verfahren. Denn die meisten Technologien bilden für sich genommen nur einen ganz kleinen Ausschnitt aus dem Gesamtsystem. Ihre Herstellung und Anwendung wirkt sich daher nur auf Teilbereiche aus. Ihr Einfluss auf die „Nachhaltigkeit“ bzw. Stabilität der Gesamt-Wirtschaft, -Gesellschaft und -Umwelt ist daher i.d.R. gering, wenn auch nach dem Prinzip des „Tropfens, der das Wasserfass zum Überlaufen bringt“, grundsätzlich vorhanden und nicht zu unterschätzen.

Auf der Basis dieser Überlegungen lässt sich folgern, dass es **keine per se „nachhaltigen Technologien“** oder „nachhaltigen Verfahren“ gibt. Bei der Bewertung der „Nachhaltigkeit von Technologien und Verfahren“ geht es vielmehr immer darum, zu beurteilen, ob die jeweilige Technologie über bessere oder schlechtere **„Systemqualitäten“** verfügt als andere Alternativen, um zur Nachhaltigkeit des Gesamtsystems oder eines Teilsystems beizutragen.

(2) Um den **relativen Beitrag** der ausgewählten Technologien zu beurteilen, sind **Prüfkriterien** notwendig, mit deren Hilfe die spezifischen Beiträge der „Alternativ“-Technologien im Vergleich zu herkömmlichen bzw. üblichen Techniken eingeschätzt werden können bzw. ein entsprechender Vergleich vorgenommen werden kann. Die Prognos AG hat in vorangegangenen Untersuchungen ein **System von Nachhaltigkeitskriterien** entwickelt, anhand dessen der relative Beitrag ausgewählter Produkte oder Techniken zur ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeit gemessen werden kann. Dieses System wurde aus den unseres Erachtens wesentlichen Stabilitätsrisiken für Wirtschaft und Gesellschaft abgeleitet und versteht sich als ein erster Ansatz und insofern auch als **Diskussionsgrundlage** für die weitere „Nachhaltigkeitsdiskussion“. In dieser Untersuchung wird dieser Ansatz im Hinblick auf die hier interessierende Fragestellung weiter entwickelt.

(3) Die **Prüfkriterien** wurden nach den Bereichen **Ökologie, Ökonomie und Soziales** differenziert. Diese Unterscheidung hat im wesentlichen arbeitssystematische Gründe. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine solche Differenzierung in Teilen problematisch ist, weil sie den charakteristischen **Wechselwirkungen** zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft nicht immer gerecht wird. So führen beispielsweise steigende CO₂-Emissionen zu Klimaveränderungen, die wiederum potenziell ökonomische und ökologische Schäden hervorrufen. Auch ist eine eindeutige Trennung zwischen ökonomischen oder sozialen Kriterien nicht immer möglich.

Bei der Verteilung der Prüfkriterien ($\Rightarrow$ *Tabelle 3-1*) entfällt auf die ökologischen und ökonomischen Kriterien eine annähernd gleiche Anzahl, während nur relativ wenige soziale Prüfkriterien ausgewählt wurden. Dies hat seine Ursache – wie bereits zuvor dargestellt – vor allem in der starken Überschneidung bei den ökonomischen und sozialen Prüfkriterien. So haben in der Regel alle preisrelevanten Auswirkungen auch soziale Auswirkungen. Um eine Doppelbewertung zu vermeiden, wurde ein Prüfkriterium nur einmal einer „Obergruppe“ zugeordnet. Für die nachfolgende Ergebnisübersicht wurde daher eine Zusammenfassung der ökonomischen und sozialen Kriterien vorgenommen.

Bei einzelnen Prüfkriterien könnte auch die Zuordnung zu den „Obergruppen“ diskussionswürdig sein. Sind Gesundheitsgefahren“ aufgrund von Schadstofffreisetzungen eher ein ökologisches Prüfkriterium oder ist „Gesundheit“ eher ein sozialer gesellschaftlicher Aspekt?

(4) Für die Bewertung der Nachhaltigkeit ist der **Zeitaspekt** von wesentlicher Bedeutung, da insbesondere bei den langfristigen Entwicklungsperspektiven in ökologischer und ökonomischer Hinsicht von Änderungen auszugehen ist. Entsprechend wurde für die Prüfkriterien beim Bewertungsmaßstab ein langfristiger (bis 2020) sowie ein sehr langfristiger (bis 2050) Zeithorizont gewählt.

Tabelle 3-1: Prüfkriterien für stromnutzende und -erzeugende Technologien

Ökologische Prüfkriterien	▪ CO₂-Emissionen beim Anlagenbetrieb ▪ Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung ▪ Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch) ▪ Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung ▪ Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb ▪ Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriss) ▪ Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb ▪ Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage ▪ Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System
Ökonomische Prüfkriterien	▪ Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung) ▪ Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung) ▪ Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger ▪ Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt) ▪ Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven ▪ Abhängigkeit von Energieimporten ▪ Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme) ▪ Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)
Soziale Prüfkriterien	▪ Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung ▪ Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb ▪ Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft ▪ Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)

3.3 Bewertete Stromtechnologien

(1) Die in die Bewertung einbezogenen Technologien wurden in **Abstimmung** mit dem Umweltbundesamt anhand folgender Fragen ausgewählt;

- **Stromnutzungstechnologien**

- Wo sind heute und künftig die Anwendungsschwerpunkte?
- Wo bieten sich sinnvolle Alternativen an, die bereits heute und künftig zur Verfügung stehen?

- **Stromerzeugungstechnologien**

- Welches Kraftwerk würde künftig gebaut und könnte den Vergleichsmaßstab darstellen?
- Welche sinnvollen Alternativen stehen bereits heute und künftig für die Stromerzeugung zur Verfügung?

Bei der gemeinsamen Auswahl mit dem Umweltbundesamt wurden einzelne Stromnutzungs- und –erzeugungstechnologien bewusst nicht berücksichtigt. Hierauf wird am Ende dieses Kapitels eingegangen.

(2) Um im Hinblick auf geeignete Technologien zur Stromeinsparung bzw. nachhaltig sinnvoller Stromnutzungen eine Konzentration auf die wesentlichen Anwendungsbereiche vorzunehmen, erfolgt zunächst ein Blick auf die **Struktur des Stromverbrauchs**.

Bei der Stromnutzung dominieren die **Bedarfsarten**

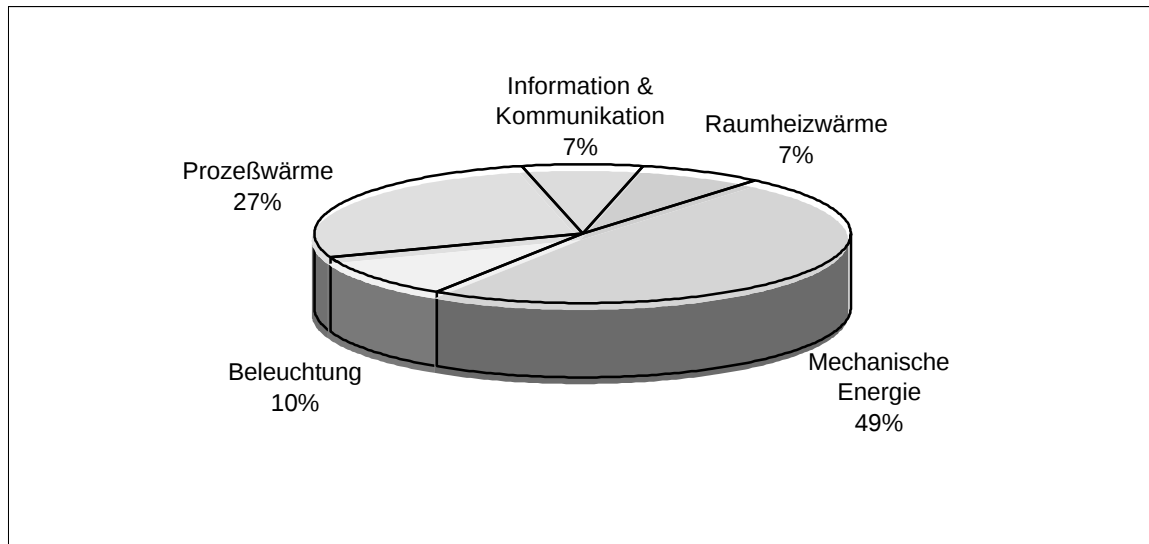
- **mechanische Energie** mit fast 50 % sowie
- **Prozesswärme** mit fast 30 %

den Stromeinsatz (⇒ vgl. *Abbildung 3-1*). Die übrige Stromnutzung entfällt mit deutlich geringeren Anteilen von 7 % bis 10 % auf die Einsatzbereiche Information & Kommunikation, Raumheizwärme und Beleuchtung.

Bei der Aufteilung des Stromverbrauchs nach **Verbrauchssektoren** stellt die Industrie mit über 40 % zwar die größte Verbrauchsgruppe dar, mit Anteilen von fast 30 % sind Haushalte und Kleinverbraucher aber ähnlich bedeutende Stromverbraucher (⇒ *Abbil-*

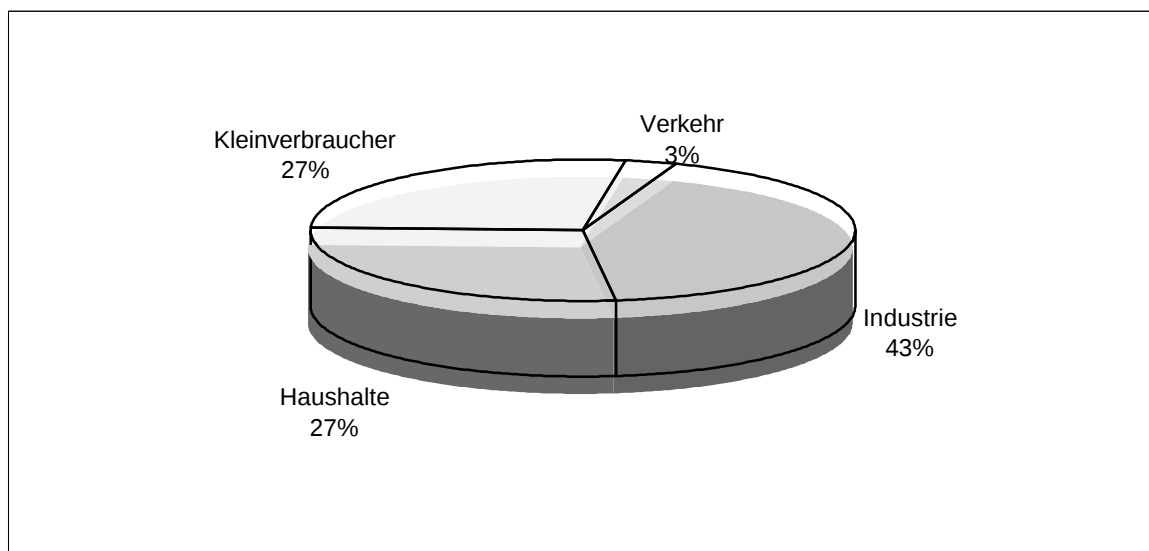
Abbildung 3-2). Lediglich der Verkehrssektor nimmt mit einem Anteil von 3 % nur eine unbedeutende Rolle als Stromnutzer ein.

Abbildung 3-1: Struktur des Stromverbrauchs nach Bedarfsarten im Jahr 1999



Quelle: FfE

Abbildung 3-2: Struktur des Stromverbrauchs nach Verbrauchssektoren im Jahr 1999



Quelle: FfE

(3) Für eine **nachhaltige Stromnutzung** stehen somit vorrangig Stromspartechnologien bzw. geeignete Ersatztechnologien im Vordergrund, die die Bedarfsarten mechanische Energie und Prozesswärme bei Industrie, Haushalten und Kleinverbrauchern (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) erfassen. Mit dieser Schwerpunktsetzung soll allerdings nicht außer acht bleiben, dass vor allem für bestimmte Stromnutzungen vergleichsweise einfache Ersatztechnologien wie zum Beispiel für die elektrische Raumheizung zur Verfügung stehen und somit berücksichtigt werden müssen.

Mit dem Blick auf die aktuelle Ausgangssituation wird die **Stromnutzung in der Zukunft** allerdings nur zum Teil erfasst. Es ist bei unveränderten Rahmenbedingungen zu erwarten, dass die Technologieentwicklung künftig eher zur Ausweitung von Stromanwendungen führt als zu einem Rückgang beiträgt. Beispielsweise wird die Stromnutzung für Information und Kommunikation weiter zunehmen, während der Einsatz für Raumheizwärme weiterhin abnimmt. Eine denkbare Ausweitung der Stromnutzung für Raumwärmeezwecke durch Wärmepumpen und bei weiter verschärften Wärmedämmstandards durch den vermehrten Einsatz elektrischer Direktheizungen und mechanischer Lüftungsanlagen ist nicht auszuschließen. Diese möglichen Entwicklungstrends sind bei einer Strategie zur nachhaltigen Stromnutzung zu beachten.

(4) Für die Bewertung der Nachhaltigkeit von **Stromnutzungstechnologien** muss jeweils eine Vergleichstechnologie definiert werden. So kann zum Beispiel eine Stromspeicherheizung mit einer Zentralheizung und den Energieträgern Erdgas, Öl oder Fernwärme verglichen werden. Für jede Stromnutzungstechnologie ergäbe sich somit eine Vielzahl von Vergleichsfällen, die aber unter Berücksichtigung des qualitativen Bewertungsverfahrens nur zu wenig differierenden Ergebnissen geführt hätte. Dies gilt jedenfalls unter der Annahme, dass die Stromnutzungstechnologie mit Alternativsystemen auf der Basis fossiler Brennstoffe verglichen wird und erneuerbare Energien ausgeklammert werden. Vielmehr liegt der Schwerpunkt der Alternativsysteme bei heute und künftig absehbaren „Standardtechnologien“.

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen wurden in die Nachhaltigkeitsbewertung von Stromnutzungstechnologien folgende **Technikvergleiche** einbezogen:

- **Stromspeicherheizung** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas

- **Elektrische Wärmepumpe** unter der Annahme einer Arbeitszahl von 4 im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas¹⁶
- **Elektrische Direktheizung** zur kurzzeitigen Anwendung im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas
- **Elektrische Warmwasserbereitung** (Durchlauferhitzer, Warmwasserboiler) im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung mit Erdgas
- **Elektrische Kälteerzeugung** (Kompressionskälteanlagen) im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanlagen)
- **Stromeinsatz beim schienengebundenen Verkehr** im Vergleich zum Transport mit Pkw und Lkw (Otto-/Dieselmotor)
- **Einsatz herkömmlicher Batterien** im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen (Laptop, Mobiltelefon, Camcorder usw.)

Die in den Technikvergleich einbezogenen Stromnutzungen einerseits und die sich aus der Analyse der Struktur des Stromverbrauches ergebenden Schwerpunkte andererseits sind nur zum Teil deckungsgleich. Dies liegt im wesentlichen daran, dass sich aus heutiger Sicht für Stromanwendungen vor allem im großen Einsatzfeld mechanische Energie keine wirklich realistischen Alternativsysteme breiter Anwendungsbasis anbieten. Bei der Stromnutzung liegt das Stromsparerpotenzial weniger im Bereich von Alternativsystemen auf Basis fossiler oder erneuerbarer Energien als vielmehr in der rationellen Stromanwendung. Die Stichworte „Stand-by-Schaltungen“ und „energieeffiziente elektrische Antriebe“ seien hier genannt.

(5) Ebenso wie bei den Stromnutzungstechnologien musste bei den **Stromerzeugungstechnologien** eine Vergleichstechnologie definiert werden. Um auch im Erzeugungsbereich eine Überschaubarkeit der Vergleichsfälle zu gewährleisten, wurde als „Standardanlage“ ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD-Kraftwerk) mit Erdgas gewählt, das hinsichtlich der CO₂-Emissionen und der Kosten in der energiepolitischen Diskussion zurzeit präferiert wird.

¹⁶ Die hier angenommene Arbeitszahl von 4 für elektrische Wärmepumpen wird aus Sicht der Prognos AG im praktischen Betrieb heute noch nicht erreicht. Die Arbeitszahl dürfte heute etwa bei 2,5 liegen und bis 2020 auf etwa 3,7 ansteigen. Ein Beitrag elektrischer Wärmepumpen zur nachhaltigen Energieversorgung erfordert somit noch deutliche technologische Entwicklungssprünge.

Folgende Stromerzeugungstechnologien wurden im **Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk mit Erdgas** bewertet:

- **Neues Braunkohlekraftwerk**
- **Windkraftanlagen** mit der Aufteilung nach
 - Binnenland-/Küsten-Standorten
 - Offshore-Standorten
- (Klein-) **Wasserkraftanlagen**
- **Photovoltaikanlagen** für Dach/Fassade (Kleinanlagen)
- **Klärgas-Verstromungsanlagen**
- **Biogas-Verstromungsanlagen**
- **Holzvergasungsanlagen** mit der Aufteilung nach
 - Alt-/Bauholz
 - Waldholz
- **Müllverbrennungsanlagen**
- **Kohlevergasungsanlagen**
- **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** mit Erdgas, speziell dezentrale BHKW für Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte
- **Mikroturbinen** mit Erdgas
- **Mikro Stirling Motoren** mit Erdgas
- **Brennstoffzellen** mit Erdgas für die dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung, speziell für Kleinverbraucher und Haushalte
- **Erdgas-Entspannungsleitung(en)**, Stromerzeugung aus Erdgas-Expansion

(6) Bei den zuvor genannten Technologien, die in die Bewertung durch die Experten einbezogen wurden, handelt es sich weitgehend um vorhandene „Standorttechnologien“ oder solche, deren Marktreife innerhalb der nächsten zwanzig Jahre realistisch angenommen werden kann. Für einen Zeithorizont bis zum Jahr 2050 stellt sich die Frage, inwieweit über Technologien nachgedacht werden muss, deren reale Nutzbarkeit heute nur sehr eingeschränkt bewertet werden kann, also in Form einer Vision heute Unwahrscheinliches für das Jahr 2050 angenommen wird.

Zu denken ist hierbei u.a. an eine intensive Wasserstoffwirtschaft, an solarthermische Kraftwerke im Mittelmeerraum und Stromtransport mittels Hochspannungsgleichstromübertragung oder in Form von Wasserstoff. Für den Zeithorizont bis 2050 ist gleichfalls auch an „clean-coal-Technologien“ zu denken, die das CO₂-freie Kohlekraftwerk ermöglichen sollen. Im Rahmen der Expertenbefragung erschien es wenig sinnvoll, hierzu unterschiedliche „Spekulationen“ einzuholen. Zu diesen Themen wird seitens der Prognos AG im Rahmen der Hemmnisanalyse (⇒ Kapitel 5) eine Bewertung vorgenommen.

(7) In die Bewertung wurden in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt ausgewählte Stromnutzungs- und –erzeugungstechnologien nicht mit einbezogen, deren Einsatz in der energiepolitischen Diskussion bzw. als künftige Option nicht ausgeschlossen werden kann. Im wesentlichen handelt es sich um folgende zwei Technologien:

- **Kraftfahrzeuge mit Stromantrieb**

Der Einsatz von Kraftfahrzeugen mit Stromantrieb ist zum Teil umstritten, da eine emissionsmindernde Wirkung nur bei einer entsprechenden Struktur des Kraftwerksparks eintritt und andererseits die Emissionsminderungspotenziale durch technologische Innovationen bei den Kraftfahrzeugen bei weitem noch nicht ausgeschöpft sind. Für die Expertenbefragung wurde daher der Stromverbrauch durch Kraftfahrzeuge nicht berücksichtigt. Sollte ein Systemwechsel der Antriebsenergie bei Kraftfahrzeugen künftig in größerem Umfang auf Strom erfolgen, würde dies nur sinnvoll sein, wenn das Gesamtsystem emissionsärmer ist als das Vergleichssystem auf der Basis von Verbrennungsmotoren.

- **Kernkraftwerke**

Mit der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen zur Befristung der künftigen Nutzung der vorhandenen Kernkraftwerke sowie der Novelle des Atomgesetzes wurde der Ausstieg aus der Kernenergienutzung zur Stromerzeugung festgelegt. Vor diesem Hintergrund erschien es nicht sinnvoll, die Kernenergienutzung als langfristige Option in die Expertenbefragung einzubeziehen.

3.4 Bewertungsergebnisse für alle Prüfkriterien

3.4.1 Auswertungsmethodik

(1) Die Auswertung der Expertenbefragung erfolgte unter zwei Aspekten. Einerseits unter Zugrundelegung einer **Gleichrangigkeit aller Prüfkriterien**, deren Ergebnisse in diesem Kapitel 3.4 dargestellt sind, und andererseits unter **Berücksichtigung ausgewählter Prüfkriterien** ($\Rightarrow$ Kapitel 3.5). Hierdurch ist es möglich, die Wirkung auf die Bewertungsergebnisse unter Beachtung unterschiedlicher Schwerpunktsetzungen zu reflektieren ($\Rightarrow$ Kapitel 3.6).

(2) Die fünfstufige qualitative Bewertung von „deutlich vorteilhafter“ bis „deutlich ungünstiger“ wurde in eine Bewertungsskala von + 2 bis – 2 . Entsprechend wurden die Bewertungen der Expertenbefragung für die Auswertung in dieses „Notensystem“ übertragen. Die eigentliche Auswertung erfolgte dann in drei Schritten:

- Für jedes Prüfkriterium wurde aus den Einzelbewertungen ein Mittelwert gebildet, der das Bewertungsergebnis je Prüfkriterium darstellt.
- Aus den Bewertungsergebnissen je Prüfkriterium wurde nunmehr jeweils für die ökologischen und zusammengefasst für die ökonomischen und sozialen Prüfkriterien erneut ein Mittelwert gebildet. Für die beiden Bewertungsbereiche Ökologie sowie Ökonomie/Soziales wurde somit jeweils eine Gesamtbewertung ermittelt.
- Im letzten Schritt wurden die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen/sozialen Bewertungsbereiche zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst. Hierbei musste berücksichtigt werden, dass den neun ökologischen Prüfkriterien zwölf ökonomische/soziale Prüfkriterien gegenüberstehen. Das Bewertungsergebnis für die ökonomischen/sozialen Prüfkriterien wurde daher über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet ($\text{Bewertungssumme} / 12 \times 9 = \text{Vergleichswert}$), um einen gleichrangigen Vergleichswert für die ökologischen Prüfkriterien zu erhalten.

(3) Die **Einzelergebnisse der Bewertung** sowie die zuvor beschriebenen Auswertungsergebnisse sind in den Anhängen 2 (Stromnutzungstechnologien) und 3 (Stromerzeugungstechnologien) dokumentiert. Nachfolgend werden die **wesentlichen**

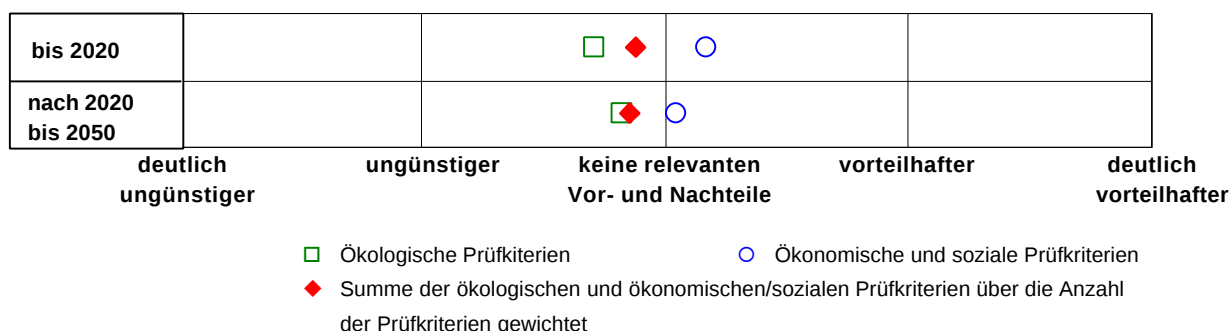
Aspekte der Bewertungsergebnisse für jede Technologie im **Überblick** dargestellt und kurz erläutert.

3.4.2 Ergebnisse für die Stromnutzungstechnologien

(1) Stromspeicherheizung

Im Vergleich zu einer Zentralheizung (Erdgas, Brennwertkessel) ergibt die ökologische Bewertung für die Stromspeicherheizung ein leicht ungünstiges Ergebnis. Hinsichtlich der ökonomischen und sozialen Prüfkriterien wird der Stromspeicherheizung eher eine neutrale Position zugeordnet. Insgesamt ist die Stromspeicherheizung vor allem aufgrund der ökologischen Prüfkriterien leicht ungünstiger im Sinne einer nachhaltigen Nutzung einzuordnen als das Vergleichssystem.

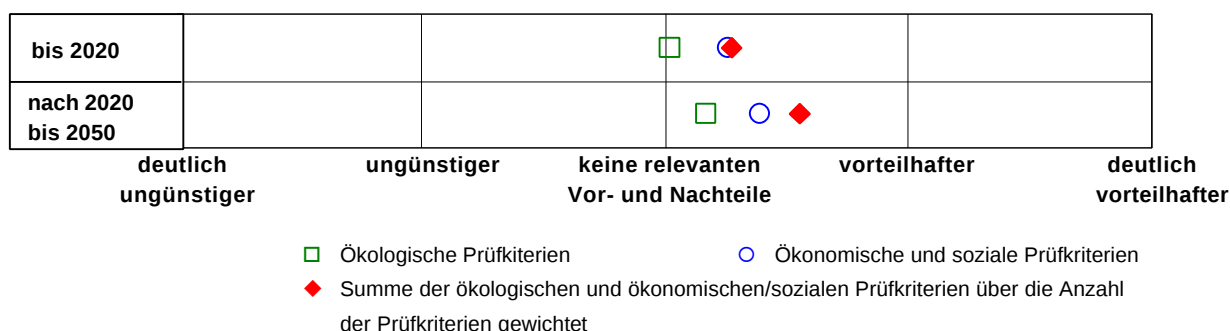
*Bewertung der **Stromspeicherheizung** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)*



(2) Elektrische Wärmepumpe

Die elektrische Wärmepumpe wird im Vergleich zu einer Zentralheizung (Erdgas, Brennwertkessel) im Zeitablauf zunehmend vorteilhafter. Neben der positiven ökonomischen und sozialen Bewertung trägt hierzu auch in geringem Maß die ökologische Bewertung bei. Vor allem langfristig nach 2020 ist implizit unterstellt, dass eine CO₂-ärmere Stromerzeugung erfolgt als dies vor diesem Zeitraum der Fall ist.

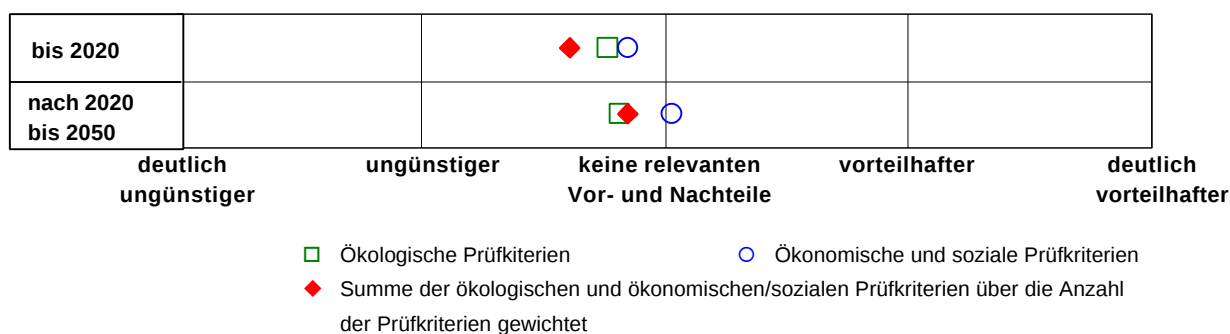
Bewertung der **elektrischen Wärmepumpe** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)



(3) **Elektrische Direktheizung** (kurzzeitige Anwendung)

Die Bewertung der elektrischen Direktheizung für kurzzeitige Anwendungen führt insgesamt zu einem ungünstigeren Ergebnis im Vergleich zu einer Zentralheizung (Erdgas, Brennwertkessel). Im Zeitablauf verbessert sich zwar die Position der elektrischen Direktheizung, sie bleibt aber leicht ungünstiger als das Erdgassystem.

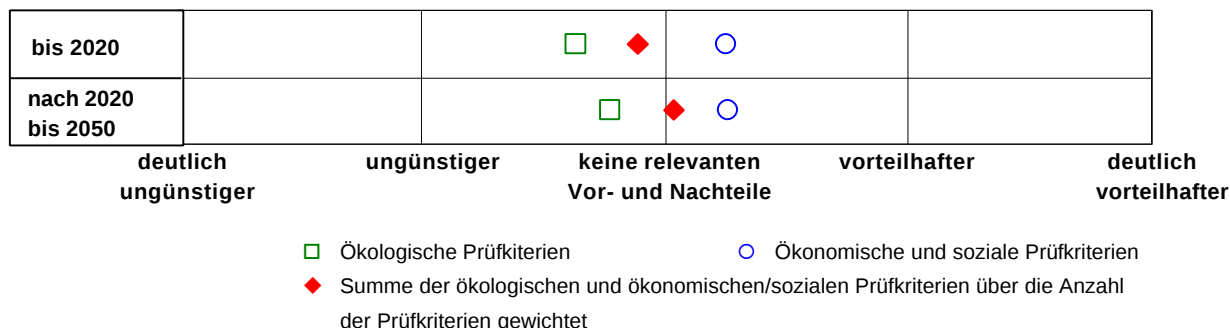
Bewertung der **elektrischen Direktheizung** (kurzzeitige Nutzung) im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)



(4) **Elektrische Warmwasserbereitung**

Die elektrische Warmwasserbereitung wird bei den ökonomischen und sozialen Prüfkriterien eher vorteilhafter und bei den ökologischen Prüfkriterien eher ungünstiger bewertet. Insgesamt ergibt sich eine nahezu neutrale Einstufung der elektrischen Warmwasserbereitung im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung (Erdgas, Brennwertkessel).

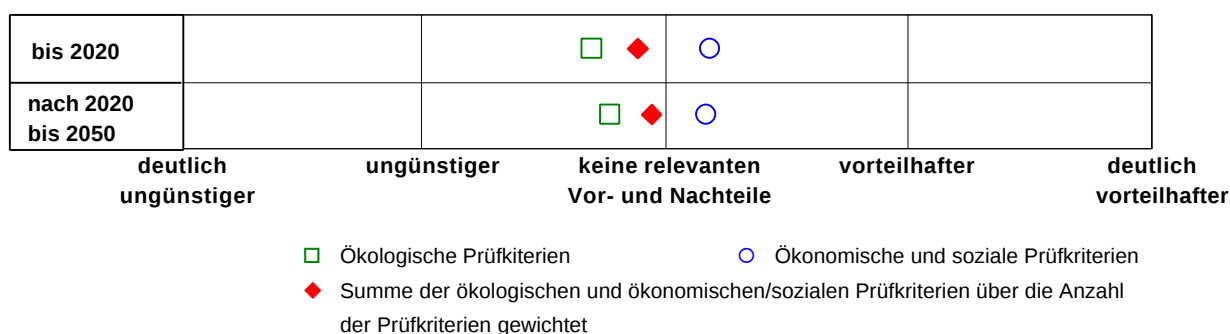
*Bewertung der **elektrischen Warmwasserbereitung** (Durchlauferhitzer, Warmwasserboiler) im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung (Erdgas, Brennwertkessel)*



(5) Elektrische Kälteerzeugung

Für die elektrische Kälteerzeugung im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme ergibt sich weitgehend eine analoge Bewertung wie zuvor bei der elektrischen Warmwasserbereitung. Die sehr geringe ökonomische und soziale Vorteilhaftigkeit des Systems wird durch die geringen Nachteile in ökologischer Hinsicht überlagert, so dass insgesamt eine annähernd neutrale Gesamtbewertung eintritt.

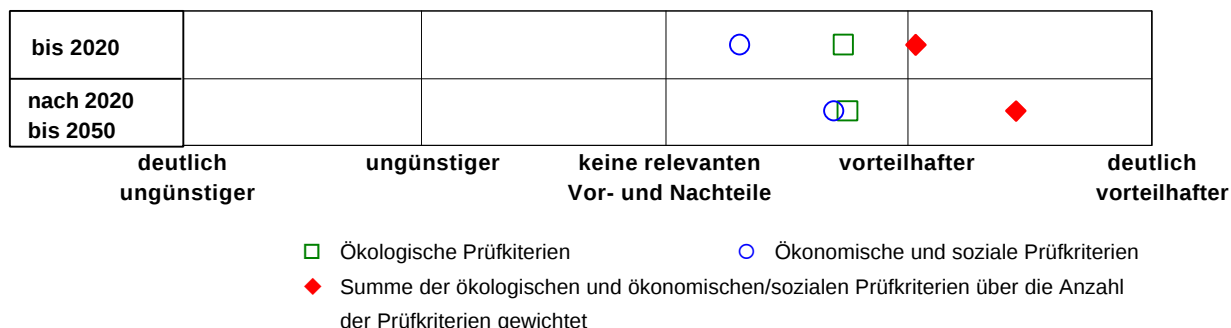
*Bewertung der **elektrischen Kälteerzeugung** (Kompressionskälteanlage) im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanlage)*



(6) Stromeinsatz im schienengebundenen Verkehr

Der Stromeinsatz im schienengebundenen Verkehr führt im Vergleich zum Transport mittels PKW und LKW zu einer Vorteilhaftigkeit dieser Stromnutzung. Diese Stromtechnologie hat von allen bewerteten Stromtechnologien für die sehr langfristige Perspektive nach 2020 die vorteilhafteste Bewertung erhalten.

Bewertung des *Stromeinsatzes im schienengebundenen Verkehr* im Vergleich zum Transport mittels PKW und LKW (Otto-/Dieselmotor)

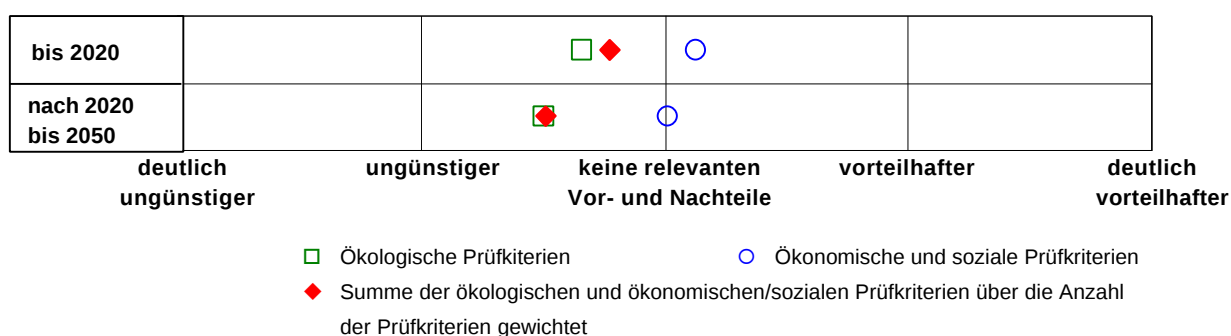


(7) Einsatz aufladbarer Akkumulatoren

Mit kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen wurde eine Vergleichstechnologie gewählt, die heute noch nicht auf dem Verbrauchermarkt zur Verfügung steht und somit von den befragten Experten mehr Vorausschau erwartet als bei anderen Technologien.

Von den Experten wird erwartet, dass die aufladbaren Akkumulatoren unter ökologischen Aspekten ungünstiger abschneiden werden als die Brennstoffzellen-Speichersysteme. Auch unter ökonomischen und sozialen Aspekten ist eher von einer neutralen Bewertung auszugehen, als dass hohe Systemkosten diese Aspekte gänzlich ungünstig beeinflussen würden.

Bewertung des *Einsatzes aufladbarer Akkumulatoren* im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen

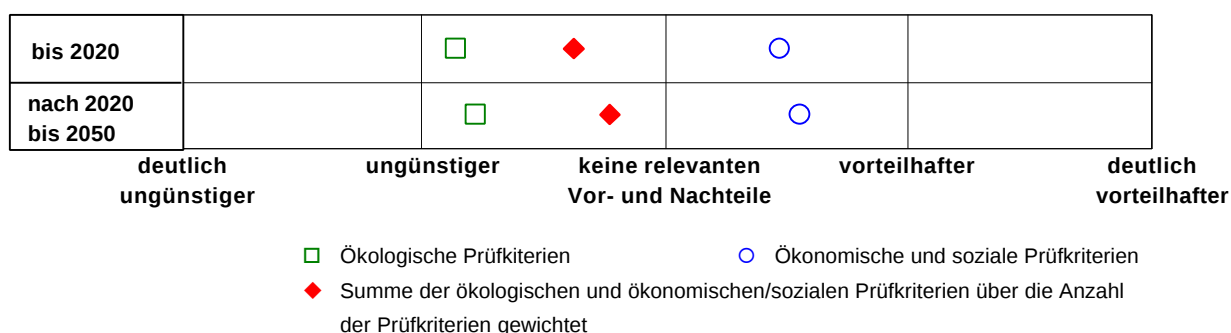


3.4.3 Ergebnisse für die Stromerzeugungstechnologien

(1) Braunkohlekraftwerke

Die Ergebnisse für die ökologische Bewertung einerseits sowie die ökonomische und soziale Bewertung andererseits gehen bei dieser Stromerzeugungstechnologie – erwartungsgemäß – in eine geegensätzliche Richtung. Auch wenn sich nach 2020 die Gesamtbewertung leicht zu gunsten des Braunkohlekraftwerks verbessert, bleibt durch den Einfluss der ökologischen Prüfkriterien das GuD-Kraftwerk die vorteilhaftere Stromerzeugungstechnologie.

*Bewertung eines **Braunkohlekraftwerkes** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

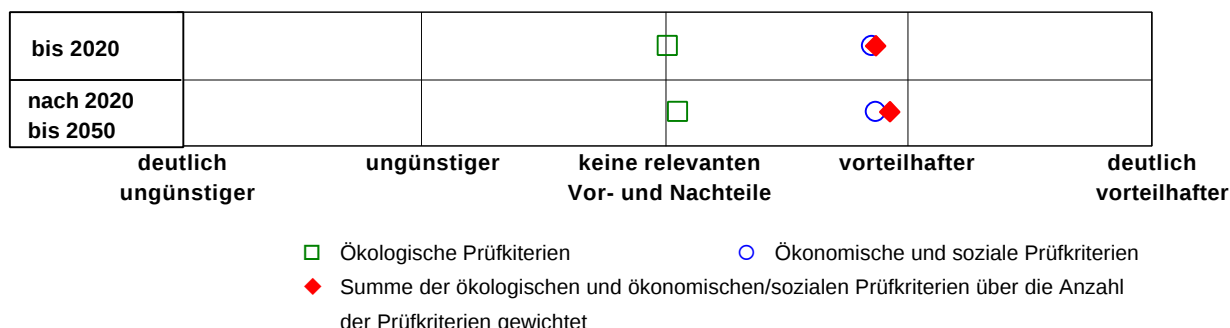


(2) Windkraftanlagen (Binnenland/Küste, Offshore)

Die Ergebnisse für die getrennt vorgenommene Bewertung von Binnenland-/Küste- und Offshore-Standorten wird hier zusammengefasst dargestellt, da sich hinsichtlich der Gesamtbewertung keine gravierenden Bewertungsunterschiede ergeben haben.

Die ökologische Bewertung führt für Windkraftanlagen zu einem in etwa neutralen Ergebnis, da deutlichen Vorteilen bei den Emissionen andere Umwelteinwirkungen gegenüberstehen. Die ökonomisch-soziale Bewertung zeigt eine Vorteilhaftigkeit an, da Kostennachteile beim Anlagenbau insbesondere durch nicht vorhandene Preisrisiken bei der Energieträgerversorgung positiv überlagert werden.

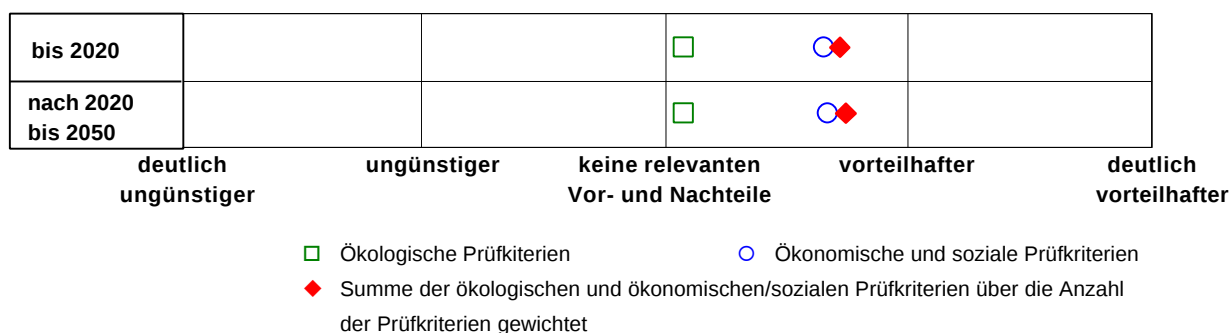
Bewertung einer **Windkraftanlage** (Binnenland/Küste, Offshore)
im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(3) (Klein-)Wasserkraftanlagen

Für die (Klein-)Wasserkraftanlagen stellt sich annähernd ein analoges Bewertungsergebnis ein wie zuvor für die Windkraftanlagen. Die Kosten für die Anlagenanschaffung führen allerdings zu einer weniger vorteilhaften Bewertung bei den ökonomischen und sozialen Prüfkriterien.

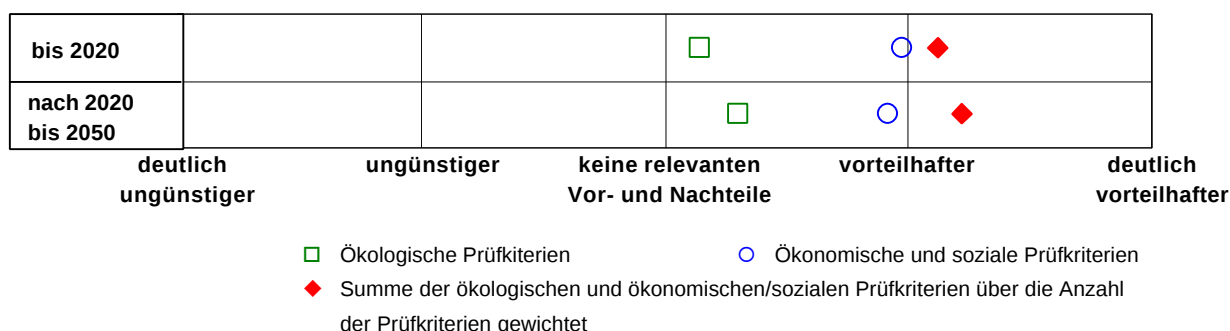
Bewertung einer (Klein-) Wasserkraftanlage im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(4) Photovoltaikanlagen

Die Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen führt zu einer Vorteilhaftigkeit dieses Systems im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk. Neben der ökologischen führt auch die ökonomisch-soziale Bewertung zu diesem Ergebnis, da die hohen Anlagenkosten vor allem durch die Vermeidung von weiteren Preisrisiken überlagert werden.

*Bewertung einer **Photovoltaikanlage** (Kleinanlage) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

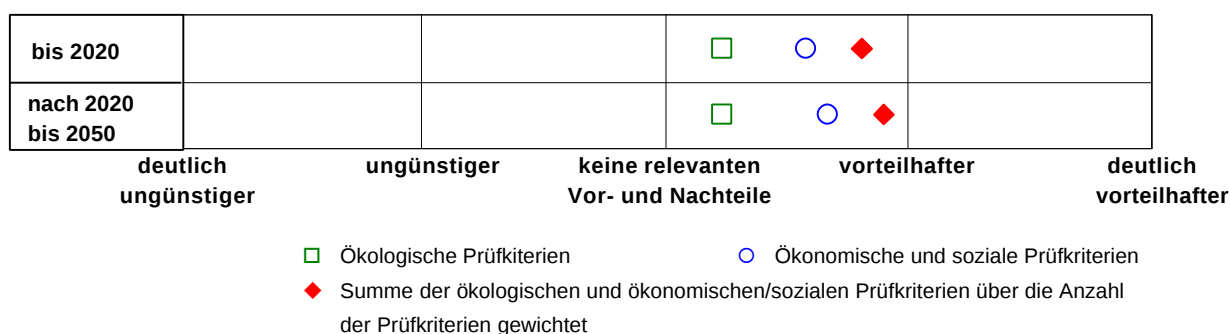


(5) Klär- und Biogasverstromung

Die Ergebnisse für die getrennt vorgenommene Bewertung von Klär- und Biogasverstromung wird hier zusammengefasst dargestellt, da sich hinsichtlich der Gesamtbewertung keine gravierenden Bewertungsunterschiede ergeben haben.

Insgesamt ergibt sich für das Gesamtsystem eine Vorteilhaftigkeit im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk, die sich bei den ökonomischen Prüfkriterien insbesondere durch eine weitgehende Vermeidung von Preisrisiken ergibt.

*Bewertung von **Klär- und Biogasverstromung** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



(6) Holzvergasung (Alt-/Bauholz und Waldholz)

Die Ergebnisse für die getrennt vorgenommene Bewertung einer Holzvergasung von Alt-/Bauholz und Waldholz wird hier zusammengefasst dargestellt, da sich hinsichtlich der Gesamtbewertung keine gravierenden Unterschiede ergeben haben.

Für die ökologische Bewertung ist das Ergebnis annähernd neutral, da neben die CO₂-freie Verbrennung andere im Vergleich zum

GuD-Kraftwerk eher ungünstige Umwelteinflüsse treten. Die ökonomisch-soziale Bewertung fällt hingegen vorteilhafter aus, da die hohen Anlagenkosten vor allem durch die Vermeidung von Preis- und Versorgungsrisiken überlagert werden.

*Bewertung einer **Holzvergasung** (Alt-/Bauholz und Waldholz) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			□	◆ ○	
nach 2020 bis 2050			□	◆ ○	
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologische Prüfkriterien ○ Ökonomische und soziale Prüfkriterien
 ◆ Summe der ökologischen und ökonomischen/sozialen Prüfkriterien über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet

(7) Müllverbrennungsanlagen

Für Müllverbrennungsanlagen ergibt die Gesamtbewertung keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk. Die ungünstigere ökologische Bewertung wird durch die vorteilhaftere ökonomisch-soziale Bewertung kompensiert.

*Bewertung einer **Müllverbrennungsanlage** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

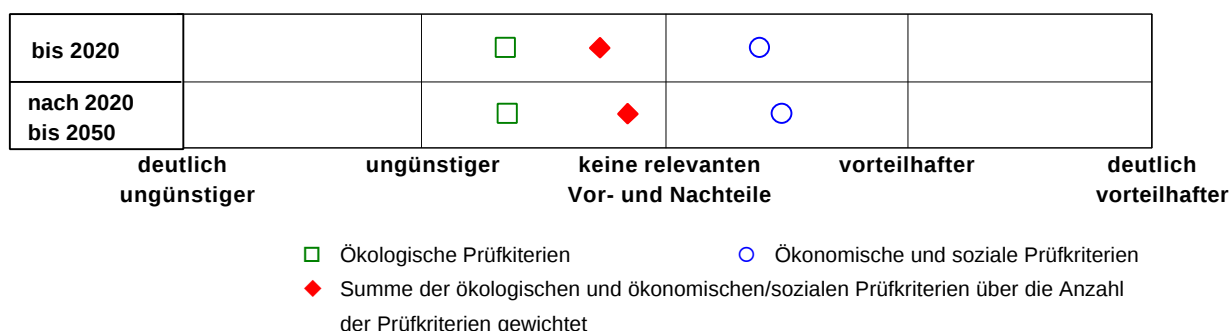
bis 2020			□	◆ ○	
nach 2020 bis 2050			□	◆ ○	
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologische Prüfkriterien ○ Ökonomische und soziale Prüfkriterien
 ◆ Summe der ökologischen und ökonomischen/sozialen Prüfkriterien über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet

(8) Kohlevergasungsanlagen

Das Gesamtergebnis für Kohlevergasungsanlagen wird wesentlich durch die ungünstige ökologische Bewertung geprägt, da hierbei der kohlenstoffreiche Energieträger das Ergebnis beeinflusst. Trotz hoher Anlagenkosten wirken sich die geringen Preis- und Versorgungsrisiken vorteilhaft auf die ökonomisch-soziale Bewertung aus.

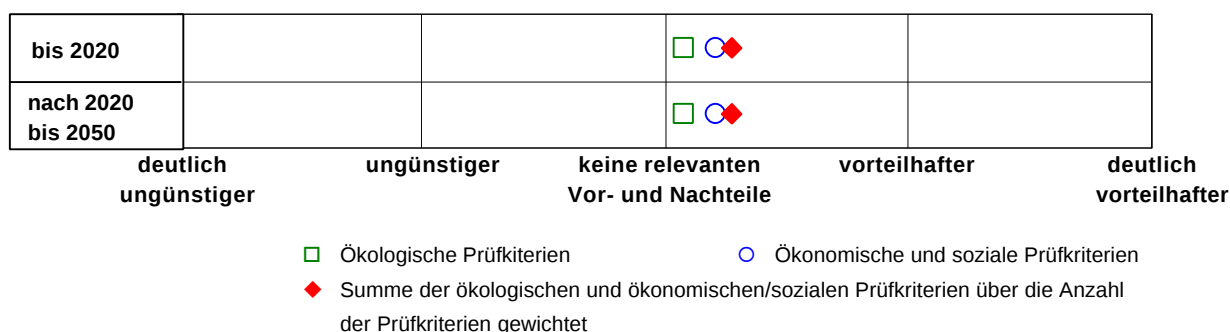
Bewertung einer **Kohlevergasungsanlage** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(9) **KWK-Anlagen** (BHKW für Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte)

Die ökologische Bewertung führt zu einem neutralen Ergebnis im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk. Der von den Experten gesehene Mehraufwand für die Anlagenherstellung führt vor allem zu dieser weitgehenden Gleichbewertung der Stromerzeugungssysteme. Die leichte Vorteilhaftigkeit der ökonomisch-sozialen Prüfkriterien ist vor allem auf die positive Bewertung der Beschäftigungsintensität für BHKW zurückzuführen.

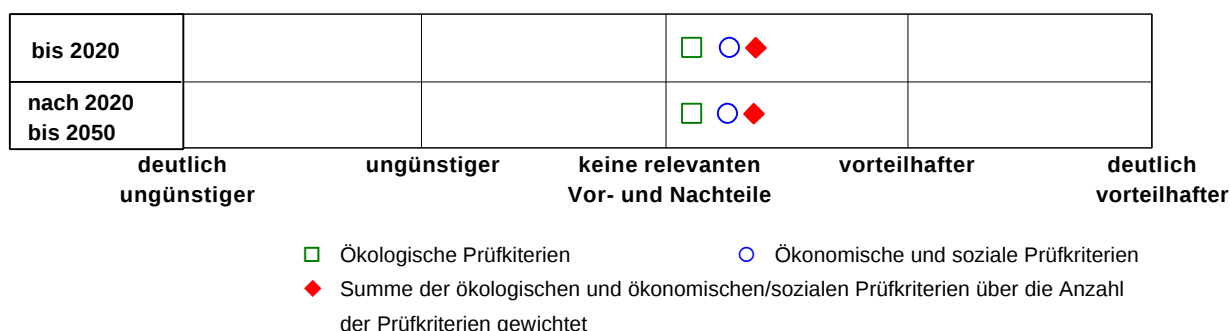
Bewertung einer **KWK-Anlage** (Erdgas, dezentrales BHKW für Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(10) **Mikroturbinen**

Die insgesamt vorteilhafte Bewertung für Mikroturbinen ergibt sich maßgeblich aus den ökonomisch-sozialen Prüfkriterien. Wobei insbesondere der Innovationsbeitrag und das Exportpotenzial für diese Technologie hervorzuheben ist.

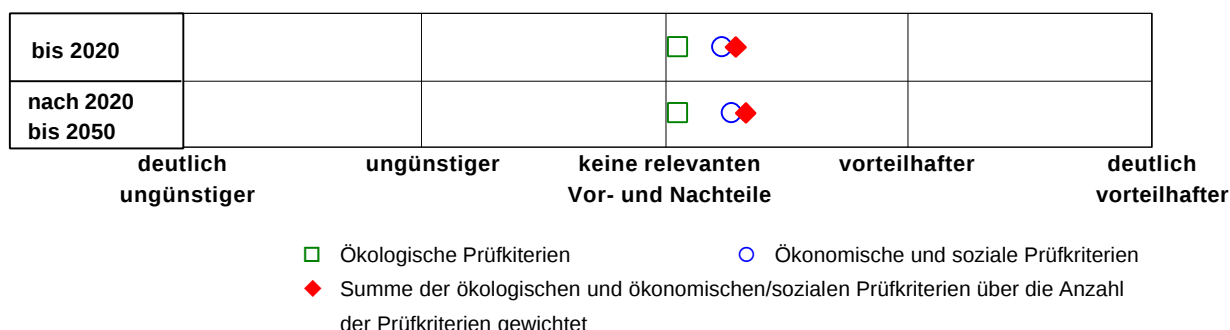
Bewertung einer **Mikroturbine** (Erdgas) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(11) **Mikro Stirling Motoren**

Die Bewertungsergebnisse für Mikro Stirling Motoren fallen ähnlich aus wie zuvor für Mikroturbinen. Die Bewertung durch die Experten ist für die einzelnen Prüfkriterien nicht deckungsgleich, aber sie geht annähernd in die gleiche Größenordnung.

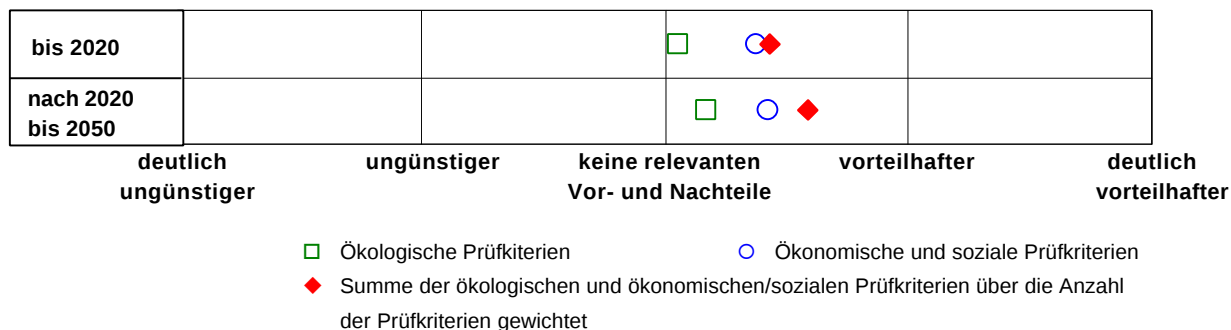
Bewertung eines **Mikro Stirling Motors** (Erdgas) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(12) **Brennstoffzellen** (dezentrale Anlagen für Kleinverbraucher und Haushalte)

Die Vorteilhaftigkeit von Brennstoffzellen soll im Zeitablauf leicht zunehmen. Dies wird aus Sicht der Experten insbesondere nach 2020 durch einen weniger großen Produktionsaufwand und rückläufige – aber immer noch hohe – Anlagenkosten erreicht.

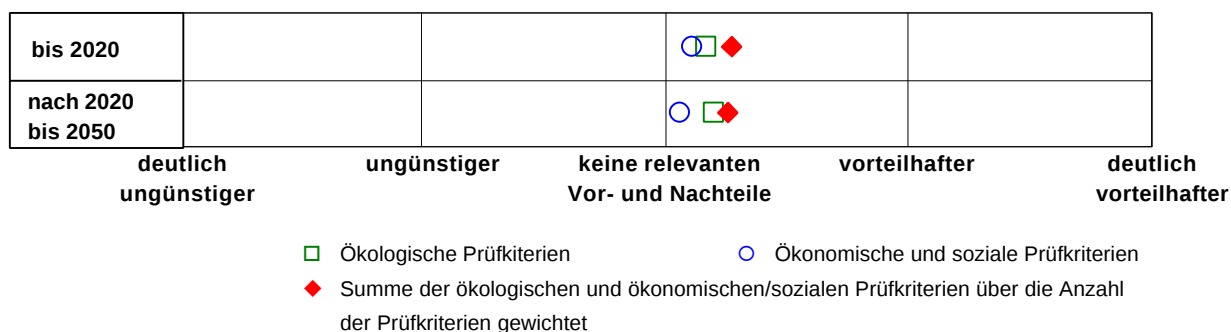
Bewertung einer **Brennstoffzelle** (Erdgas, dezentral für Kleinverbraucher und Haushalte) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



(13) Erdgas-Entspannungsleitungen (Erdgas-Expansion)

Im Zeitablauf wird die Erdgas-Expansion weitgehend gleich bewertet. Vor allem die höheren Anlagenkosten und negativen sozialen Aspekte (u.a. geringere Beschäftigungsintensität) führen in ökonomisch-sozialer Hinsicht zu einem eher neutralen Bewertungsergebnis. Die leichten Vorteile dieser Technologie im ökologischen Bereich führen insgesamt jedoch zu einer vorteilhafteren Bewertung im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk.

Bewertung von **Erdgas-Entspannungsleitungen** (Erdgas-Expansion) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)



3.5 Bewertungsergebnisse für ausgewählte Prüfkriterien

3.5.1 Auswertungsmethodik

(1) Bei der zuvor in Kapitel 3.4 dargestellten Auswertung der Expertenbefragung wurde als Grundannahme davon ausgegangen, dass alle Prüfkriterien in gleichrangiger Weise für eine nachhaltige Entwicklung relevant sind. Somit zum Beispiel bei einer Offshore-Windkraftanlage die CO₂-freie Stromerzeugung genauso wichtig ist wie die damit verbundenen optischen Beeinträchtigungen.

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung und den möglichen Konsequenzen einer Klimaveränderung wäre eine Gewichtung einzelner Prüfkriterien sinnvoll und notwendig.

Die Gewichtung einzelner Prüfkriterien ist mit der Problematik verbunden, dass je nach Interessenlage die Gewichtung sehr unterschiedlich vorgenommen werden kann und bei einer Vielzahl von Prüfkriterien letztlich das Gesamtergebnis nicht mehr ohne aufwendige Rückkopplungen nachvollzogen werden könnte.

(2) Vor diesem Hintergrund – sowohl hinsichtlich der Gleichrangigkeit wie auch der Gewichtung von Prüfkriterien – wurde in die zweite Stufe der Auswertung der Expertenbefragung aus jedem Bereich jeweils **ein wesentliches Prüfkriterium** für die Auswertung herangezogen.

- Aus dem ökologischen Bereich wurde das Prüfkriterium „**CO₂-Emissionen**“ als Leitindikator für klimarelevante Auswirkungen ausgewählt.
- Für den ökonomischen Bereich wurde die „**Abhängigkeit von Energieimporten**“ als Prüfkriterium herangezogen. Wird unterstellt, dass mit dem Import von Energieträgern eher Preisrisiken und Versorgungsunsicherheiten verbunden sind, werden mit dem ausgewählten Prüfkriterium auch diese Aspekte indirekt abgedeckt.
- Aus dem sozialen Bereich wurde die „**Beschäftigungsintensität**“ bei der Anlagenherstellung und beim Anlagenbetrieb als ein Prüfkriterium zusammengefasst herangezogen.

Mit den drei ausgewählten Prüfkriterien sind die im Vordergrund stehenden wesentlichen Aspekte einer nachhaltigen Energiever-

sorgung und der energie- und umweltpolitischen Diskussion erfasst. Die für die Realisierung einzelner Technologien wichtige wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit als Prüfkriterium wird durch die drei ausgewählten Prüfkriterien allerdings nicht abgedeckt.

(3) In den nachfolgenden Ergebnisübersichten werden für die drei Prüfkriterien jeweils die Mittelwerte der Expertenbefragung dargestellt. Für die Einzelergebnisse wird auf die Anhänge 2 (Stromnutzungstechnologien) und 3 (Stromerzeugungstechnologien) verwiesen.

Im Sinne der Gleichrangigkeit von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten einer nachhaltigen Entwicklung wurde als Gesamtergebnis aus den jeweiligen Bewertungsergebnissen für die drei Prüfkriterien ein Mittelwert gebildet. Anders als zuvor in Kapitel 3.4 wurde also keine Betrachtung nach einerseits ökologischen und andererseits ökonomischen/sozialen Aspekten vorgenommen.

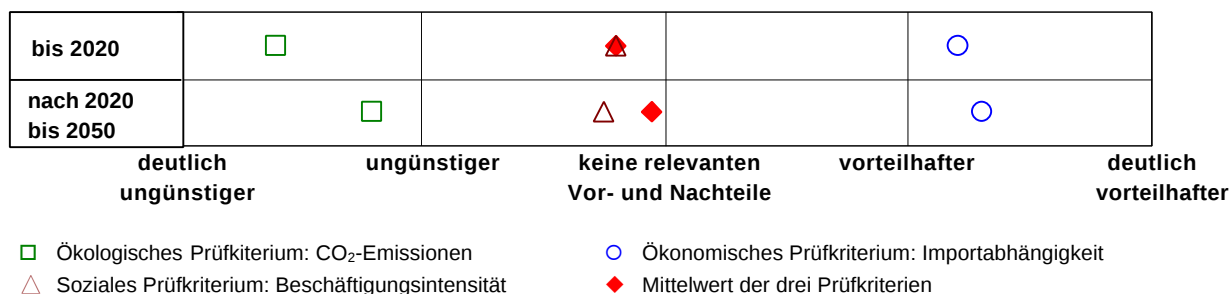
3.5.2 Ergebnisse für die Stromnutzungstechnologien

(1) Für die Stromnutzungstechnologien **Speicherheizung, Direktheizung, Warmwasserbereitung und Kälteerzeugung** ergeben sich sowohl für die Gesamtbewertung wie auch der Auswertung hinsichtlich der drei ausgewählten Prüfkriterien annähernd gleiche Ergebnisse (vgl. nachfolgende grafische Darstellungen).

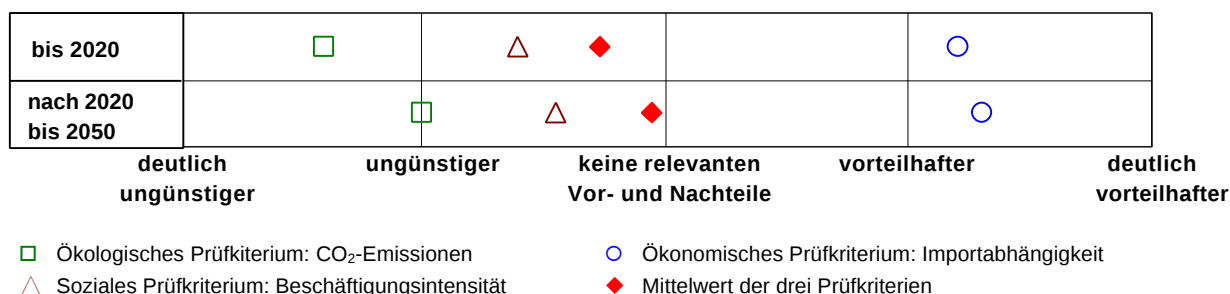
Die Stromnutzung erhält eine ungünstigere bis deutlich ungünstigere Bewertung hinsichtlich der CO₂-Emissionen. Dem gegenüber ist die Importabhängigkeit der Stromerzeugung durch den Energieträgermix günstiger als bei der Vergleichstechnologie Zentralheizung mit Erdgas. Die Bewertung für die Beschäftigungsintensität weist bei allen Systemen annähernd keine relevanten Vor- und Nachteile auf.

Bei der Zusammenfassung der drei Einzelbewertungen ergibt sich für diese Stromnutzungstechnologien die Bewertungskategorie „keine relevanten Vor- und Nachteile“.

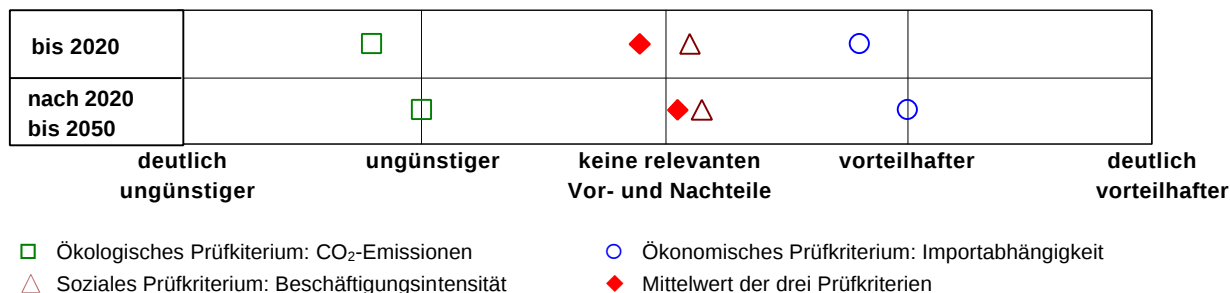
*Bewertung der **Stromspeicherheizung** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)*



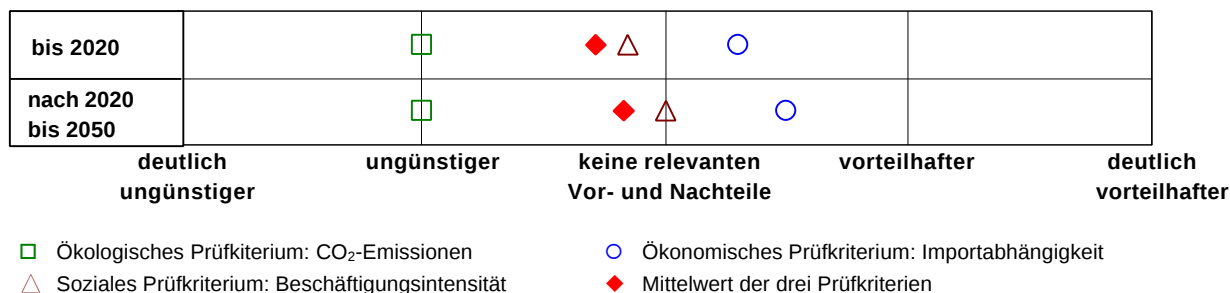
*Bewertung der **elektrischen Direktheizung** (kurzzeitige Nutzung) im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)*



*Bewertung der **elektrischen Warmwasserbereitung** (Durchlauf-erhitzer, Warmwasserboiler) im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung (Erdgas, Brennwertkessel)*



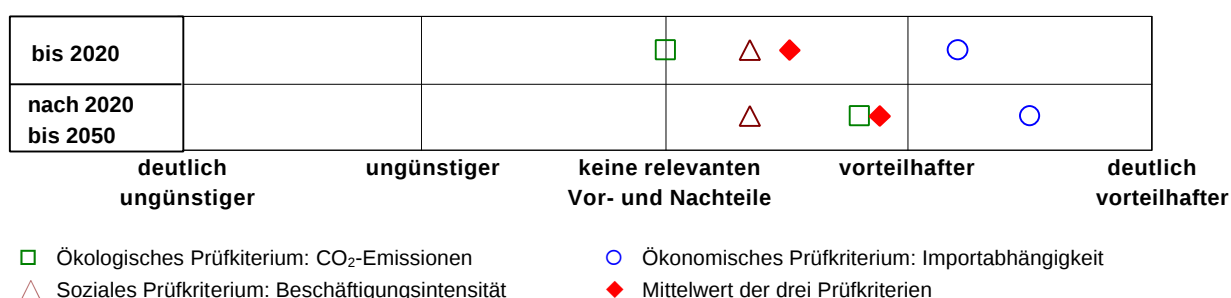
*Bewertung der **elektrischen Kälteerzeugung** (Kompressions-kälteanlage) im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanlage)*



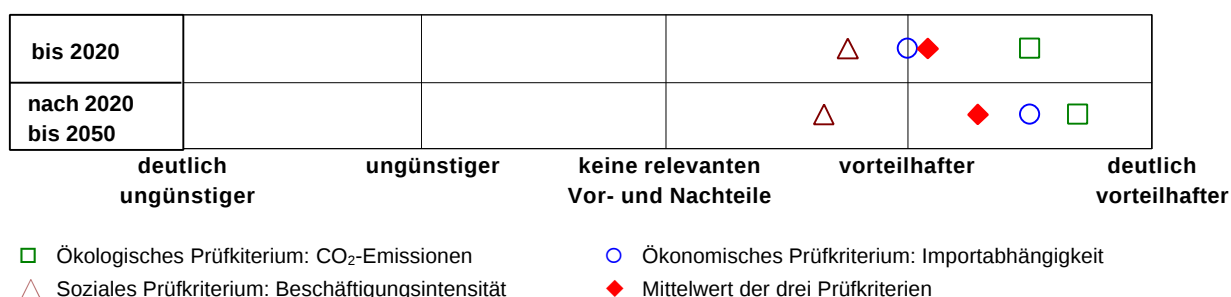
(2) Die **elektrische Wärmepumpe** und der **Stromeinsatz im schienengebundenen Verkehr** stellen zu den Vergleichstechnologien eine vorteilhaftere Nutzungsalternative dar (vgl. nachfolgende grafische Darstellungen).

Im Zeitablauf nimmt die Vorteilhaftigkeit der Systeme zu, da längerfristig auch eine CO₂-ärmere Stromerzeugung angenommen wird. Unter dieser Annahme könnten diese Systeme somit einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten.

*Bewertung der **elektrischen Wärmepumpe** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkessel)*

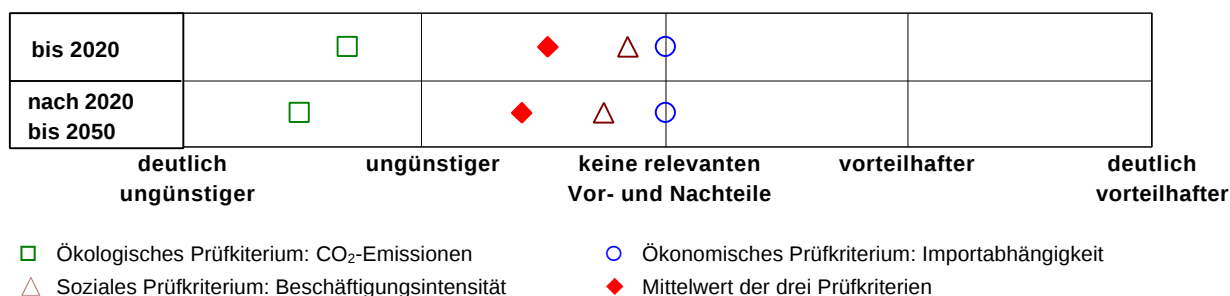


*Bewertung des **Stromeinsatzes im schienengebundenen Verkehr** im Vergleich zum Transport mittels PKW und LKW (Otto-/Dieselmotor)*



(3) Der **Einsatz aufladbarer Akkumulatoren** im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen führt zu einem eher ungünstigen Bewertungsergebnis. Die noch nicht marktreifen Brennstoffzellen-Speichersysteme können somit künftig eine interessante Alternative zu dem heutigen System darstellen.

*Bewertung des **Einsatzes aufladbarer Akkumulatoren** im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen*



3.5.3 Ergebnisse für die Stromerzeugungstechnologien

(1) Für die zwei auf **Kohle basierenden Stromerzeugungstechnologien** (Braunkohlekraftwerk, Kohlevergasung) ergeben sich im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas) in der Gesamtbewertung wie auch in der Tendenz der Einzelergebnisse für die drei Prüfkriterien weitgehend gleiche Ergebnisse (vgl. nachfolgende grafische Darstellungen).

Mit der Kohlenutzung ist eine deutlich ungünstigere Bewertung der CO₂-Emissionen verbunden, während durch die heimischen Vorkommen bei den Kriterien Importabhängigkeit und Beschäftigungsintensität die Kohlenutzung vorteilhafter bis deutlich vorteilhafter bewertet wurde.

Für die Gesamtbewertung ergeben sich aus diesem breiten Streubereich bei den drei Prüfkriterien keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas).

Bewertung eines **Braunkohlekraftwerkes** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)

bis 2020					
nach 2020 bis 2050					
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

 Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen  Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
 Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität  Mittelwert der drei Prüfkriterien

Bewertung einer **Kohlevergasungsanlage** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)

bis 2020					
nach 2020 bis 2050					
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

 Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen  Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
 Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität  Mittelwert der drei Prüfkriterien

(2) Die auf **Basis erneuerbarer Energien beruhenden Stromerzeugungstechnologien** (Wind-, Wasser- und Photovoltaikanlagen, Klär- und Biogasverstromung, Holzvergasung) weisen weitgehend identische positive Bewertungsergebnisse im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung auf (vgl. nachfolgende grafische Darstellungen).

Hinsichtlich der Beschäftigungsintensität sind die Stromerzeugungstechnologien auf Basis erneuerbarer Energien gegenüber der Vergleichstechnologie GuD-Kraftwerk (Erdgas) trotz der dezentralen Erzeugungsstruktur weitgehend durchgängig in die Bewertungskategorie „keine relevanten Vor- und Nachteile“ einzuordnen.

*Bewertung einer **Windkraftanlage** (Binnenland/Küste, Offshore)
im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensations-
betrieb)*

bis 2020			△	◆	○□
nach 2020 bis 2050			△	◆	○□
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
△ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

*Bewertung einer **(Klein-) Wasserkraftanlage** im Vergleich zu
einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			△	◆	○□
nach 2020 bis 2050			△	◆	○□
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
△ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

*Bewertung einer **Photovoltaikanlage** (Kleinanlage) im Vergleich
zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			△	◆ □	○
nach 2020 bis 2050			△	◆ □	○
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
△ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

*Bewertung von **Klär- und Biogasverstromung** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			△	◆	○□
nach 2020 bis 2050			△	◆	○□
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
 △ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
 ◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

*Bewertung einer **Holzvergasung** (Alt-/Bauholz und Waldholz) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			△	◆	○□
nach 2020 bis 2050			△	◆	○□
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
 △ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
 ◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

(3) Für **Müllverbrennungsanlagen** tendiert die Gesamtbewertung zur Kategorie „vorteilhafter“ im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (vgl. nachfolgende grafische Darstellung). Vor allem die deutlich vorteilhafter eingeschätzte Importabhängigkeit beeinflusst diese Gesamtbewertung. Aber auch hinsichtlich des ökologischen und sozialen Prüfkriteriums werden Müllverbrennungsanlagen günstiger bewertet.

*Bewertung einer **Müllverbrennungsanlage** im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*

bis 2020			□	△◆	○
nach 2020 bis 2050			□	△◆	○
	deutlich ungünstiger	ungünstiger	keine relevanten Vor- und Nachteile	vorteilhafter	deutlich vorteilhafter

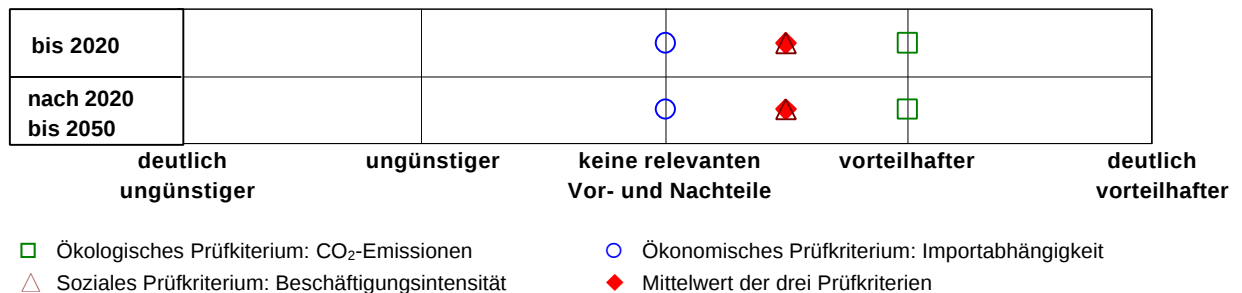
□ Ökologisches Prüfkriterium: CO₂-Emissionen
 △ Soziales Prüfkriterium: Beschäftigungsintensität

○ Ökonomisches Prüfkriterium: Importabhängigkeit
 ◆ Mittelwert der drei Prüfkriterien

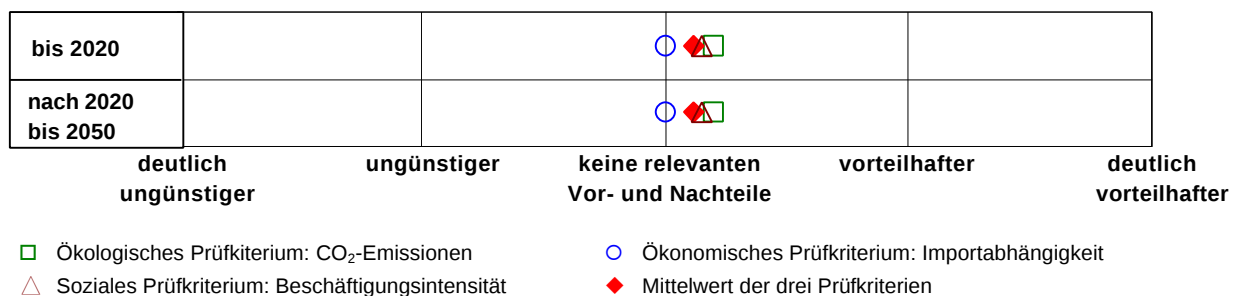
(4) Für die Stromerzeugungstechnologien mit dem Energieträger Erdgas (KWK-Anlage, Mikroturbine, Mikro Stirling Motor, Brennstoffzelle, Erdgas-Expansion) wird der Vergleich mit einer GuD-Anlage (Erdgas) bereits durch den Einsatz des gleichen Brennstoffes beeinflusst. Entsprechend gruppieren sich die Bewertungsergebnisse beim Prüfkriterium Importabhängigkeit um die Kategorie „keine relevanten Vor- und Nachteile“ (vgl. nachfolgende grafische Darstellungen).

Die Bewertungsergebnisse für das ökologische und soziale Prüfkriterium liegen in der Regel zwischen der Bewertungskategorie „keine relevanten Vor- und Nachteile“ und der Kategorie „vorteilhafter“. Entsprechend liegt auch die Gesamtbewertung für die Stromerzeugungstechnologien auf Erdgasbasis im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas) innerhalb dieser Bewertungsspanne.

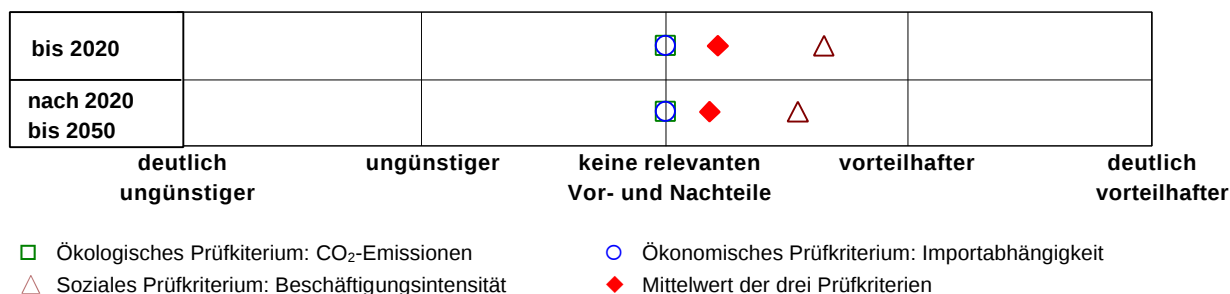
*Bewertung einer **KWK-Anlage** (Erdgas, dezentrales BHKW für Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



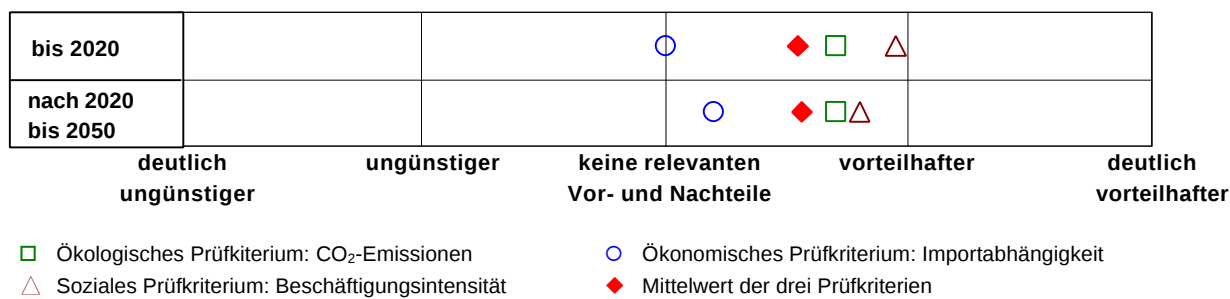
*Bewertung einer **Mikroturbine** (Erdgas) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



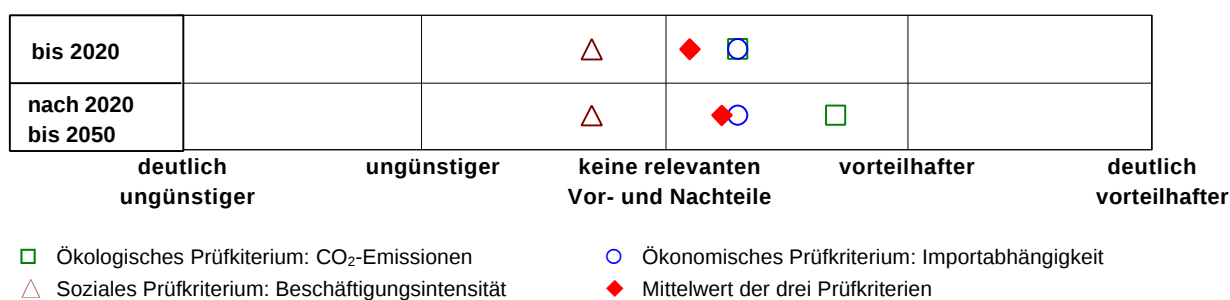
*Bewertung eines **Mikro Stirling Motors** (Erdgas) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



*Bewertung einer **Brennstoffzelle** (Erdgas, dezentral für Kleinverbraucher und Haushalte) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



*Bewertung von **Erdgas-Entspannungsleitungen** (Erdgas-Expansion) im Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kondensationsbetrieb)*



3.6 Schlussfolgerungen aus den Bewertungsergebnissen

(1) Die zuvor dargestellten Bewertungsergebnisse sind die Zusammenfassung von **sechs Expertenbefragungen**, wobei die Prognos AG hierin eingeschlossen ist. Die zur Bewertung ausgewählten Technologien wurden allerdings nicht immer von allen Experten bewertet.

Generell haben die Experten die Technologien in ähnlicher Weise bewertet, also nicht in der Form, dass die Bewertung „deutlich ungünstiger“ und „deutlich vorteilhafter“ für das gleiche Prüfkriterium einer Technologie verwendet wurde. Die generelle Aussage innerhalb der einzelnen Prüfkriterien stellt somit eine relativ sichere Bewertungsbasis dar.

(2) Die Bewertungen unter Berücksichtigung einer **Gleichrangigkeit aller Prüfkriterien** ($\Rightarrow$ Kapitel 3.4) zeigen eine **Häufung der Ergebnisse** um die Kategorie „keine relevanten Vor- und Nachteile“ bzw. keine Ausschläge in Richtung „deutlich ungünstiger“ oder „deutlich vorteilhafter“. Dies gilt sowohl für die zwei Bereiche Ökologie und Ökonomie/Soziales wie auch die daraus resultierende Gesamtbewertung.

Dies kann nicht überraschen, wenn die Komplexität von Technologien und gesellschaftlichen Aspekten in einer Bewertung berücksichtigt und ohne eine Gewichtung als gleichrangig angesehen werden. Die „zwei Seiten einer Medaille“ werden in der öffentlichen Diskussion oft übersehen. Das allgemeine Bild von Technologien wird in der (öffentlichen) energie- und umweltpolitischen Diskussion in der Regel nur von einzelnen Aspekten geprägt nach dem Muster: „Kohlekraftwerke sind Klimakiller“ oder „Windräder verschandeln die Landschaft“. Diese symbolischen Aussagen sollen lediglich verdeutlichen, dass sich die Bewertung oftmals nur auf ein Kriterium bezieht und die Komplexität von Wirkungszusammenhängen vernachlässigt.

Wenn die Bewertungsergebnisse nunmehr eine Häufung bei dem Kriterium „keine relevanten Vor- und Nachteile“ aufweisen, kann daraus allerdings nicht geschlossen werden, es sei egal, ist welche Technologien künftig eingesetzt werden. Die **Bewertungsergebnisse für drei ausgewählte Prüfkriterien** zeigen, dass in Abhängigkeit von der Technologie eher eine Spreizung der Bewertungsergebnisse bei den einzelnen Prüfkriterien auftreten kann. Die mit den Technologien verbundenen Zielkonflikte zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten treten bei dieser selektiveren Betrachtungsweise deutlicher hervor.

Hieraus ist der Schluss zu ziehen, dass eine notwendige Veränderung der Stromnutzung und –erzeugung zu einer nachhaltigen Energieversorgung nur gelingen kann, wenn neben den offenkundigen Vorteilen einer Technologie auch die mit der Technologie verbundenen Nachteile bei einer Umsetzungsstrategie berücksichtigt werden.

(3) Für eine nachhaltige Stromnutzung und –erzeugung wird nicht auf das eine System zurückgegriffen werden können. Für eine nachhaltige Stromnutzung und –erzeugung ist ein „**Gesamt-system**“ notwendig, in dem es gilt, Stromeinsparmöglichkeiten zu nutzen und einen CO₂-armen Erzeugungsmix zu konzipieren, die zusammen genommen zum angestrebten Ziel einer CO₂-Minderung von 80 % bis zum Jahr 2050 führen. Hierbei sollte durch die Kombination von Technologien ein **Systemausgleich** zwischen ökologischen, ökonomischen sowie sozialen Vor- und Nachteilen einzelner Technologien erreicht werden.

4 Perspektiven für Stromnutzung und –erzeugung in aktuellen Szenarien

(1) Diese Untersuchung reiht sich ein in eine Serie bereits vorliegender Studien zur längerfristigen Entwicklung der Energieversorgung in Deutschland. Dabei befassen sich diese Studien in der Regel mit dem gesamten Energiesystem und nicht nur mit der Stromnutzung und –erzeugung. Um die Perspektiven für eine nachhaltige Stromnutzung und –erzeugung beurteilen zu können, werden die Ergebnisse vorliegender Studien in Bezug auf die Stromversorgung kurz dargestellt. Die Ergebnisse und Annahmen der Studien können auch für die Hemmnisanalyse genutzt werden.

(2) Hiervon ausgehend werden in diesem Kapitel folgende **Themen** im Hinblick auf den Stromsektor in Deutschland behandelt:

1. Referenzentwicklung zum Strombedarf
2. Politiksznarien zum Stromsektor
3. Nachhaltige Entwicklung und Perspektiven für den Stromsektor im Vergleich

4.1 Referenzentwicklung zum Stromsektor

(1) Es werden in diesem Kapitel nur Prognosen bzw. Szenarien betrachtet, die vom Charakter her einer **Referenzentwicklung** entsprechen. Dies bedeutet nicht Stillstand in der Zukunft, sondern Berücksichtigung erkennbarer und realistisch erwartbarer Einflüsse auf die Stromnachfrage und Stromerzeugung. Nicht berücksichtigt werden hingegen Prognosen bzw. (Politik-) Szenarien, die eine grundlegende Änderung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen voraussetzen. Dies erfolgt im nachfolgenden Themenkomplex „Politiksznarien“ (⇒ *Kapitel 4.2*).

(2) Die aktuellsten **nationalen und internationalen Studien** zur Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland sind im Überblick in *Tabelle 4-1* dargestellt.

Tabelle 4-1: Nationale und internationale Studien zur Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland

Studientitel	Erscheinungsjahr	Fundstelle im Literaturverzeichnis	Hier dargestellte Entwicklungsvariante
Politiksznarien für den Klimaschutz – II	1999	DIW u.a.	Referenzszenario
International Energy Outlook 2001	2001	EIA	Trendszenario
European Energy Outlook to 2020	1999	EU 1999	Trendszenario
Energiereport III – Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt	1999	Prognos/EWI	Referenzentwicklung
Arbeiten im Rahmen der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“	2002	Enquete-Kommission 2002	Referenzszenario

Die internationalen Studien von **EIA** und **EU** sind als energiewirtschaftliche Prognosen aus einer internationalen Perspektive erstellt worden. Es wird weitgehend von einer business-as-usual-Entwicklung ausgegangen. Die Möglichkeiten von politischen Eingriffen wie etwa die Einführung einer Energiesteuer sowie die Auswirkungen von technologischen Fortschritten und ihr Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz werden zurückhaltender eingeschätzt als in deutschen Studien. Detaillierte Angaben zur Entwicklung in Deutschland sind in den internationalen Studien nur in begrenztem Umfang enthalten.

Die nationale Studie von **DIW u.a.** untersucht ökologisch motivierte politische Optionen zum Klimaschutz. In dieser Studie wird als Vergleichsbasis auch ein Referenzszenario dargestellt, das die Entwicklung des Strombedarfs unter Berücksichtigung bereits beschlossener und sich abzeichnender politischer Maßnahmen darstellt. In anderen Studien zum Klimaschutz [Öko-Institut] oder zum Ausstieg aus der Kernenergie [WI/Öko-Institut 1999/2001] wird für die Referenz- oder Trendszenarien auf die Studie von **Prognos/EWI** zurückgegriffen. Auf diese Studien wird daher erst im nachfolgenden *Kapitel 4.2* eingegangen, wenn die Politiksznarien behandelt werden.

Im Rahmen der Arbeiten für die **Enquete-Kommission** „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ wurde u.a. ein Referenzszenario bis zum Jahr 2050 erstellt. Dieses Szenario basiert bis 2020 unter Berücksichtigung zwischenzeitlicher Veränderungen bei den energiepolitischen Rahmenbedingungen (vgl. Abs.-Nr. 5) auf der Studie von Prognos/EWI und führt diese bis zum Jahr 2050 weiter.

(3) Die **Entwicklung des Stromverbrauchs** in Deutschland ($\Rightarrow$ *Tabelle 4-2*) ist in dem zurückliegenden Jahrzehnt durch geringe Steigerungsraten von 0,7 %/a gekennzeichnet. Dieser Zeitraum ist deutlich beeinflusst von den wirtschaftlichen Umstrukturierungsprozessen im Zusammenhang mit der deutschen Wiedervereinigung. Zu Beginn der 90er Jahre trat zunächst eine Verringerung des Stromverbrauchs ein. Nach 1993 hat dann ein Verbrauchsanstieg mit einer durchschnittlichen Steigerungsrate von 1,8 %/a eingesetzt.

Tabelle 4-2: Entwicklung des Stromverbrauchs (Endenergie) in Deutschland [Angaben in TWh]

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999 ¹⁾	2000 ¹⁾
446	435	430	424	427	458	466	471	471	475	480

1) Vorläufige Angaben

Quelle: AG Energiebilanzen

In allen hier betrachteten **Referenzszenarien** zur künftigen Entwicklung des Stromverbrauchs wird von einem weiteren Anstieg des Stromverbrauchs in Deutschland ausgegangen ($\Rightarrow$ *Tabelle 4-3*). Für die Einschätzung der künftigen Entwicklung zeigen sich allerdings deutliche Unterschiede sowohl hinsichtlich der absoluten Höhe des Stromverbrauchs als auch der spezifischen Steigerungsraten.

Tabelle 4-3: Referenzszenarien zum Stromverbrauch (Endenergie) in Deutschland [Angaben in TWh]

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a.	483	481	1)	1)	1)
EIA	608	694	1)	1)	1)
EU	533	606	1)	1)	1)
Prognos/EWI	519	539	1)	1)	1)
Enquete-Kommission 2002	512	527	529	523	505

1) Ohne Angaben

- Die internationalen Studien von **EIA und EU** führen im Vergleich zu den nationalen Studien von DIW u.a. sowie Prognos/EWI mit Steigerungsraten von 1,2 %/a bis 1,6 %/a zu einem stärkeren Anstieg des Stromverbrauchs, obwohl hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung von annähernd gleichen Annahmen ausgegangen wird. Die wirtschaftliche Entwicklung gemessen am Bruttoinlandsprodukt wird mit Steigerungen von 2,1 %/a (EIA) bzw. 2,3 %/a (EU) allerdings höher eingeschätzt als in den nationalen Studien, die mit 2,0 %/a ein geringeres Wirtschaftswachstum annehmen. Gleichfalls wird in den nationalen Studien die Steigerung der Energieeffizienz höher bewertet. Aber auch bei einer geringeren Wachstumsrate von lediglich 1,2 % für das Bruttoinlandsprodukt kommt EIA immer noch auf einen Stromverbrauch von 641 TWh für das Jahr 2020, der deutlich über den Vergleichswerten der nationalen Studien liegt.
- Der Vergleich von **DIW u.a.** sowie **Prognos/EWI** zeigt für die Entwicklung des Stromverbrauchs deutliche Unterschiede in Bezug auf die Wachstumsraten und der daraus resultierenden absoluten Entwicklung. Während bei DIW u.a. der Stromverbrauch ausgehend vom Jahr 1995 um 0,3 %/a bis zum Jahr 2020 ansteigt, liegt dieser Wert bei Prognos/EWI mit 0,6 %/a doppelt so hoch. Letztlich wird von DIW u.a. angenommen, dass nach dem Jahr 2005 der Stromverbrauch in Deutschland stagniert. Diese unterschiedliche Entwicklungsrichtung ergibt sich bei gleichem wirtschaftlichem Wachstum für das Bruttoinlandsprodukt vor allem aus unterschiedlichen Annahmen für die Entwicklung der Industrieproduktion (DIW u.a.: 1,8 %/a; Prognos/EWI: 2,3 %/a) und die Realisierung größerer Einsparpotentiale bei DIW u.a. im Vergleich zu Prognos/EWI.
- Das Referenzszenario für die **Enquete-Kommission** entspricht bis 2020 weitgehend Prognos/EWI und führt in den Folgejahren zunächst noch zu einem geringfügigen Anstieg des Stromverbrauchs bis 2030, um danach bis 2050 auf etwa das Niveau des Jahres 2010 abzusinken. Zwischen 2000 und 2050 ergibt sich eine durchschnittliche Steigerung des Stromverbrauchs von 0,1 %/a.

(4) Die **Bruttostromerzeugung** hat sich in Deutschland im vergangenen Jahrzehnt weitgehend parallel zum Stromverbrauch entwickelt (⇒ *Tabelle 4-4*).

Tabelle 4-4: Entwicklung der Bruttostromerzeugung in Deutschland [Angaben in TWh]

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹⁾
Insgesamt	550	539	537	526	527	536	552	551	556	555	572

1) Vorläufige Angaben, zum Teil geschätzt

Quelle: Kohlenstatistik

In den **Referenzszenarien** zur Bruttostromerzeugung setzt sich die bereits dargestellte Entwicklung zum Stromverbrauch parallel fort ($\Rightarrow$ *Tabelle 4-5*)¹⁷. Die jährlichen Steigerungsraten fallen in den Szenarien bis 2020 allerdings um 0,1 bis 0,2 Prozentpunkte geringer aus als beim Stromverbrauch. Zum Teil ist dies auf eine Erhöhung der Kraftwerkswirkungsgrade und zum Teil auf einen höheren Stromimportsaldo zurückzuführen.

Tabelle 4-5: Referenzszenarien zur Bruttostromerzeugung in Deutschland [Angaben in TWh]

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a. ¹⁾	519	515	2)	2)	2)
EU	606	682	2)	2)	2)
Prognos/EWI	587	599	2)	2)	2)
Enquete-Kommission 2002 ¹⁾	557	570	568	566	555

1) Angabe der Nettostromerzeugung, die den Stromverbrauch für Netzverluste und den Stromverbrauch im Umwandlungssektor nicht enthält.

2) Ohne Angaben

(5) Die beiden nationalen Studien von DIW u.a. sowie Prognos/EWI stammen aus dem Jahr 1999. Zwischenzeitlich sind durch verschiedene **energiepolitische Entscheidungen** in Deutschland einige Rahmensetzungen erfolgt, die zum Zeitpunkt der Studienerstellung noch nicht endgültig feststanden. Nachfolgend wird erläutert, inwieweit durch die aktuellen energiepolitischen Entscheidungen die zuvor dargestellte Entwicklung berührt wird.

¹⁷ Keine Angaben zur Bruttostromerzeugung bei EIA.

- Die Bundesregierung und die Energieversorgungsunternehmen haben im Jahr 2000 eine Vereinbarung über die Beschränkung des Betriebs von **Kernkraftwerken** getroffen [Bund 2000-A]. Aufgrund dieser Vereinbarung wird für jede Anlage die Regellaufzeit auf 32 Jahre beschränkt. Diese Vereinbarung wurde mit der Novelle des Atomgesetzes im Jahr 2002 rechtlich abgesichert [Bund 2002-B].
In den Referenzszenarien von DIW u.a. sowie Prognos/EWI wird von einer durchschnittlichen Laufzeit der Kernkraftwerke von 35 Jahren ausgegangen.

- Die Bundesregierung strebt im Rahmen ihres Klimaschutzprogramms [Bund 2000-B] eine Verdoppelung der Stromerzeugung in **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** (KWK) bis zum Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2000 an. Zur Erreichung dieser Zielsetzung sind gesetzliche Regelungen verabschiedet [Bund 2000-C; Bund 2001-A] sowie freiwillige Vereinbarungen mit der deutschen Wirtschaft getroffen worden [Bund 2000-D; Bund 2001-B].
Entgegen dieser Zielsetzung verringert sich die Nettostromerzeugung in KWK-Anlagen im Referenzszenario von DIW u.a. von 49 TWh im Jahr 1995 auf 21 TWh im Jahr 2010 um mehr als die Hälfte.
Bei Prognos/EWI wird hingegen vor allem durch die Erneuerung bestehender Anlagen mit höheren Stromkennziffern von einer Verdoppelung der Stromerzeugung in KWK-Anlagen bis 2010 ausgegangen.

- Ebenfalls im Rahmen des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung wird eine Verdoppelung der Stromerzeugung auf der Basis **erneuerbarer Energien** bis zum Jahr 2010 angestrebt. Diese Zielsetzung soll vor allem mittels des Erneuerbare-Energien-Gesetzes [Bund 2000-E] unterstützt werden.
Diese Zielsetzung wird in den Referenzszenarien von DIW u.a. sowie Prognos/EWI nicht erreicht.

Das für die **Enquete-Kommission** erstellte Referenzszenario, das sich bis 2020 auf die Untersuchung von Prognos/EWI stützt, berücksichtigt die zuvor genannten energiepolitischen Veränderungen.

Dieses Szenario für die Enquete-Kommission bietet sich aufgrund der Aktualität und des längerfristigen Betrachtungszeitraums bis 2050 als Vergleichsbasis für die nachfolgend darzustellenden Politiksznarien an.

4.2 Politiksszenarien zum Stromsektor

(1) In dem vorangegangenen Kapitel wurde bereits darauf hingewiesen, dass die energiepolitische Diskussion in den zurückliegenden Jahren vor allem durch die Anforderungen des Klimaschutzes geprägt waren. Zur Minderung der CO₂-Emissionen soll neben Energieeinsparung auch eine **Strukturveränderung beim Energieträgereinsatz** beitragen. Dies bedeutet konkret: Rückgang des Stein- und Braunkohleeinsatzes in Kraftwerken und dafür eine deutliche Erhöhung der Erdgasverstromung und Nutzung erneuerbarer Energien.

Um Handlungsmöglichkeiten für die Erreichung klimapolitischer Zielsetzungen zu finden, wird mittels **energiepolitischer Szenarien** nach Realisierungswegen gesucht. Anders als bei Referenzszenarien (⇒ *Kapitel 4.1*) müssen in diesen Politiksszenarien politische Steuerungsinstrumente und technische Einsparungsmaßnahmen berücksichtigt werden, deren Umsetzung aus heutiger Perspektive weniger wahrscheinlich ist. Mittels der Politiksszenarien soll letztendlich ausgelotet werden, mit welchen technischen Maßnahmen und energiepolitischen Instrumenten eine Erreichung der Klimaschutzziele am effektivsten möglich ist.

Die mit den Politiksszenarien verbundene Schwerpunktsetzung bei Klimaschutzmaßnahmen berücksichtigt in der Regel nur einen Aspekt aus dem nach wie vor gültigen **Zieldreieck** von Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit für die Energieversorgung.

(3) Für diese Untersuchung wurden die aktuellsten nationalen Politiksszenarien zur Entwicklung der Energieversorgung unter dem Blickwinkel des Klimaschutzes ausgewertet. Die Studien und die berücksichtigten Szenariovarianten sind im Überblick in *Tabelle 4-6* dargestellt.

In die Auswertung nicht einbezogen werden konnten die Politiksszenarien, die im Auftrag der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages erstellt werden [<http://bundestag.de/gremien>]. Orientiert an einer Reduktion der Klimagasemissionen der Industriestaaten um bis zu 80 % bis zum Jahr 2050 werden im Arbeitsschwerpunkt 4 der Enquete-Kommission folgende drei Nachhaltigkeits- und Klimaschutzszenarien entwickelt:

- Erneuerbare Energien und fossile Energien sowie Energieeinsparung
- Erneuerbare Energien und forcierte Energieeinsparung

- Erneuerbare Energien, Kernenergie und fossile Energien sowie Energieeinsparung

Die Ergebnisse zu den Szenarien standen bei Abschluss der Arbeiten zu diesem Projekt noch nicht zur Verfügung.

Tabelle 4-6: Politiksszenarien zur Entwicklung des Strombedarfs in Deutschland

Studientitel	Erscheinungs-jahr	Fundstelle im Literatur-verzeichnis	Hier dargestellte Entwicklungsvariante
Politiksszenarien für den Klimaschutz - II	1999	DIW u.a.	▪ Modell-Basis-Szenario ▪ 30%-Reduktions-Szenario ▪ 40%-Reduktions-Szenario
Bewertung eines Ausstiegs aus der Kernenergie aus klimapolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht	1999	WI/Öko-Institut 1999	▪ Klimaschutz und Auslaufen ▪ Begrenzte Betriebszeit
Energiewende 2020	2000	Öko-Institut	▪ Szenario Politik ▪ Szenario Potenzial
Energiepolitische und gesamtwirtschaftliche Bewertung eines 40%-Reduktionsszenarios	2001	Prognos/BEI/EWI	40%-Reduktionsszenario
Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland	2002	WI/DLR 2002	Nachhaltigkeitsszenario

(3) Die in die Auswertung einbezogenen Politiksszenarien erfüllen in unterschiedlichem Maße die **aktuelle Entscheidungssituation** zur Kernenergienutzung sowie zu energie- und klimapolitischen Zielsetzungen in Deutschland (⇒ *Tabelle 4-7*).

Die deutlichste Übereinstimmung mit der aktuellen energie- und klimapolitischen Entscheidungssituation auf Bundesebene findet sich im „Szenario Potenzial“ des Öko-Institutes, in der Untersuchung von Prognos/BEI/EWI und im Nachhaltigkeitsszenario von WI/DLR, das die zeitnächste Untersuchung darstellt. Eine weitgehende Übereinstimmung ist darüber hinaus im „40%-Reduktions-Szenario“ von DIW u.a. zu finden.

Tabelle 4-7: Erreichung bzw. Berücksichtigung energiepolitischer Ziele in den Politiksznarien

Studie	Kernenergienutzung (Regellaufzeit 32 Jahre)	Verdoppelung der Stromerzeugung mit KWK-Anlagen bis 2010	Verdoppelung der Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien bis 2010	CO ₂ -Minderung von 25% bis 2005 (Bundes-Ziel)	CO ₂ -Minderung von 21% bis 2010 (EU-Ziel)	Längerfristige CO ₂ -Minderung über 25%
DIW u.a.						
▪ Modell-Basis-Szenario	35 Jahre	Nein	Nein	Nein 18%	Nein 19%	Nein 2020: 24%
▪ 30%-Reduktions-Szenario	35 Jahre	Nein	Nein	Nein 20 %	Ja 24%	Ja 2020: 32%
▪ 40%-Reduktions-Szenario	35 Jahre	Nein	Ja	Ja 25%	Ja 31%	Ja 2020: 42%
WI/Öko-Institut 1999						
▪ Klimaschutz und Auslaufen	40 Jahre	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
▪ Begrenzte Betriebszeit	25 Jahre	Nein	Ja	25%	30%	2020: 40% 2030: 50%
Öko-Institut						
▪ Szenario Politik	Ja	Ja	Ja	Nein 20%	Ja 22%	Ja 2020: 29%
▪ Szenario Potenzial	Ja	Ja	Ja	Ja 25%	Ja 33%	Ja 2020: 45%
Prognos/BEI/EWI	Ja	Ja	Ja	¹⁾	Ja 29%	Ja 2020: 40%
WI/DLR 2002	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja 2050: 80%

1) Ohne Angaben

(4) Um in den Politiksszenarien die energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen, wird für den **Stromsektor** in allen Szenarien von zwei grundlegenden Entwicklungsannahmen ausgegangen:

- Der Stromverbrauch wird durch Nutzung vorhandener, aber in der Referenzentwicklung wegen fehlender Anreize und bestehender Hemmnisse nicht realisierter Einsparpotenziale gesenkt.
- Bei der Stromerzeugung werden Ersatz- bzw. Neubauten von Kohlekraftwerken nur in geringem Umfang realisiert und statt dessen vor allem Erdgas und in zunehmendem Maße auch erneuerbare Energien zur Stromerzeugung eingesetzt. Der Ausbau der Stromerzeugung in Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung wird in den Szenarien sehr unterschiedlich eingeschätzt.

Im Vergleich zur Referenzentwicklung ist der Stromverbrauch in den Politiksszenarien im Jahr 2020 etwa um 10 % bis 30 % niedriger (⇒ *Tabelle 4-8*). Das Nachhaltigkeitsszenario von WII/DLR führt im Jahr 2050 zu einer Verringerung des Stromverbrauchs von fast 30 % im Vergleich zur Referenzentwicklung. Ähnliche Entwicklungen ergeben sich für die Stromerzeugung (⇒ *Tabelle 4-9*).

Die Aussage zum Stromverbrauch bis 2020 trifft nicht für das Szenario von Prognos/BEI/EWI zu. In dem 40%-Reduktionsszenario wird weitgehend von einem gleich hohen Stromverbrauch ausgegangen wie in der Referenzentwicklung. Von Prognos/BEI/EWI werden zwar auch deutliche Stromeinsparungen im Vergleich zur Referenzentwicklung angenommen, diese Einsparungen werden aber durch einen deutlichen Ausbau elektrischer Wärmepumpen wieder kompensiert.

*Tabelle 4-8: Politiksszenarien zum Stromverbrauch (Endenergie)
in Deutschland [Angaben in TWh]*

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a.					
▪ Modell-Basis-Szenario	437	425	1)	1)	1)
▪ 30%-Reduktions-Szenario	443	427	1)	1)	1)
▪ 40%-Reduktions-Szenario	440	424	1)	1)	1)
WI/Öko-Institut 1999					
▪ Klimaschutz und Auslaufen	458	438	429	1)	1)
▪ Begrenzte Betriebszeit	423	410	429	1)	1)
Öko-Institut					
▪ Szenario Politik	479	481	1)	1)	1)
▪ Szenario Potenzial	404	358	1)	1)	1)
Prognos/BEI/EWI	513	524	1)	1)	1)
WI/DLR 2002	448	406	394	382	366
Vergleich: Referenzszenario Enquete-Kommission 2002	512	527	529	523	505

1) Ohne Angaben

Tabelle 4-9: Politiksszenarien zur Bruttostromerzeugung in Deutschland [Angaben in TWh]

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a. ²⁾					
▪ Modell-Basis-Szenario	471	457	1)	1)	1)
▪ 30%-Reduktions-Szenario	477	458	1)	1)	1)
▪ 40%-Reduktions-Szenario	472	450	1)	1)	1)
WI/Öko-Institut 1999					
▪ Klimaschutz und Auslaufen	538	512	501	1)	1)
▪ Begrenzte Betriebszeit	497	479	501	1)	1)
Öko-Institut					
▪ Szenario Politik	540	531	1)	1)	1)
▪ Szenario Potenzial	475	416	1)	1)	1)
Prognos/BEI/EWI	581	589	1)	1)	1)
WI/DLR 2002 ²⁾	477	452	450	463	476
Vergleich: Referenzszenario Enquete-Kommission 2002 ²⁾	557	570	568	566	555

1) Ohne Angaben.

2) Angabe der Nettostromerzeugung, die den Stromverbrauch für Netzverluste und den Stromverbrauch im Umwandlungssektor nicht enthält.

(5) In den Politiksszenarien werden entsprechend der Zielsetzung deutlich höhere CO₂-Minderungen erreicht, als dies in der Referenzentwicklung der Fall ist (⇒ Tabellen 4-10 und 4-11).

In der Regel liegen die erreichbaren CO₂-Minderungen in der Stromerzeugung sogar höher als die Summe der CO₂-Minderungen für alle Verbrauchssektoren. Durch die höheren CO₂-Minderungen im Stromsektor werden zum Teil geringere CO₂-Minderungen im Verkehrssektor kompensiert.

Tabelle 4-10: Politiksszenarien zu den CO₂-Emissionen der Stromerzeugung [Angaben in Mio. t]

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a. ²⁾					
▪ Modell-Basis-Szenario	247	232	1)	1)	1)
▪ 30%-Reduktions-Szenario	212	172	1)	1)	1)
▪ 40%-Reduktions-Szenario	173	149	1)	1)	1)
WI/Öko-Institut 1999					
▪ Klimaschutz und Auslaufen	229	184	172	1)	1)
▪ Begrenzte Betriebszeit	275	211	172	1)	1)
Öko-Institut ³⁾					
▪ Szenario Politik	280	277	1)	1)	1)
▪ Szenario Potenzial	214	179	1)	1)	1)
Prognos/BEI/EWI ³⁾	255	225	1)	1)	1)
WI/DLR 2002	206	153	129	1)	57
Vergleich: Referenzszenarien					
▪ Enquete-Kommission 2002	4)	4)	4)	4)	4)
▪ Prognos/EWI ³⁾	319	347	1)	1)	1)

1) Ohne Angaben.

2) Angaben ohne KWK-Anlagen.

3) Angaben für Strom- und Fernwärmerzeugung.

4) Den vorliegenden Unterlagen (Entwürfe der Abschlussberichte) konnten hierzu noch keine Angaben entnommen werden. Für die Referenzentwicklung wurden daher bis 2020 die Angaben von Prognos/EWI nachrichtlich dargestellt.

Tabelle 4-11: Minderung der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in den Politikszenerarien im Vergleich zum Jahr 1990 (396 Mio. t ³⁾, BMWi 2001)

Studie	2010	2020	2030	2040	2050
DIW u.a. ²⁾					
▪ Modell-Basis-Szenario	- 16 %	- 21 %	1)	1)	1)
▪ 30%-Reduktions-Szenario	- 28 %	- 42 %	1)	1)	1)
▪ 40%-Reduktions-Szenario	- 41 %	- 49 %	1)	1)	1)
WI/Öko-Institut 1999					
▪ Klimaschutz und Auslaufen	- 40 %	- 52 %	- 55 %	1)	1)
▪ Begrenzte Betriebszeit	- 28 %	- 45 %	- 55 %	1)	1)
Öko-Institut ³⁾					
▪ Szenario Politik	- 29 %	- 30 %	1)	1)	1)
▪ Szenario Potenzial	- 46 %	- 55 %	1)	1)	1)
Prognos/BEI/EWI ³⁾	- 36 %	-43 %	1)	1)	1)
WI/DLR 2002 ⁵⁾	- 44 %	- 58 %	- 65 %	1)	- 85 %
Vergleich: Referenzszenarien					
▪ Enquete-Kommission 2002	4)	4)	4)	4)	4)
▪ Prognos/EWI ³⁾	- 19 %	- 12 %	1)	1)	1)

1) Ohne Angaben.

2)) Angabe für die Nettostromerzeugung, die den Stromverbrauch für Netzverluste und den Stromverbrauch im Umwandlungssektor nicht enthält.

3) Angaben für Strom- und Fernwärmeerzeugung

4) Den vorliegenden Unterlagen (Entwürfe der Abschlussberichte) konnten hierzu noch keine Angaben entnommen werden. Für die Referenzentwicklung wurden daher bis 2020 die Angaben von Prognos/EWI nachrichtlich dargestellt.

5) Angaben für Stromerzeugung (Basis 1990: 368 Mio. t).

4.3 Nachhaltige Entwicklung und Perspektiven für den Stromsektor im Vergleich

(1) Für den **Vergleich** einer nachhaltigen Stromentwicklung einerseits und die aus heutiger Sicht mögliche „unbeeinflusste“ Entwicklung des Stromsektors andererseits eignen sich aufgrund der gleichen Datengrundlagen für die demographische und wirtschaftliche Entwicklung vor allem das Referenzszenario der Enquete-Kommission und das Nachhaltigkeitsszenario von WI/DLR.

Zu einem späteren Zeitpunkt kann dieser Vergleich ausserhalb dieser Untersuchung um die noch nicht verfügbaren Nachhaltigkeitsszenarien der Enquete-Kommission ergänzt werden. Diese Szenarien decken gleichfalls einen Zeithorizont bis 2050 ab, setzen aber unterschiedliche Schwerpunkt bei Energieeinsparung und Stromerzeugungsstruktur.

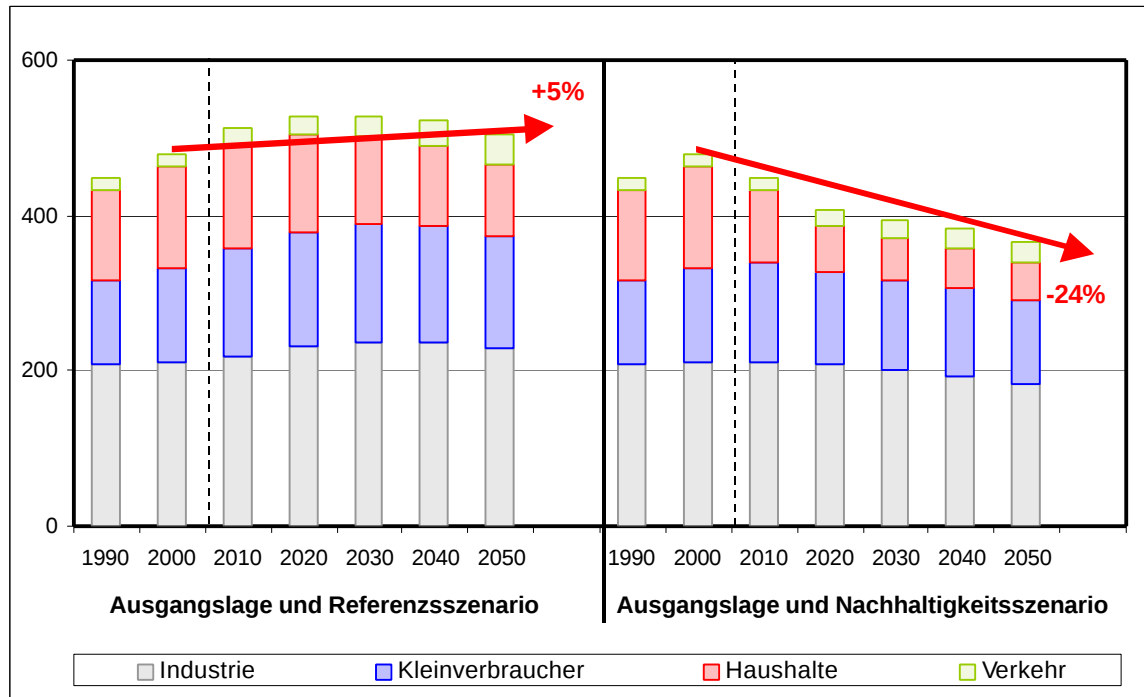
(2) Die **Referenzentwicklung** ist weiterhin geprägt durch einen Anstieg des Stromverbrauchs, der sich allerdings im Zeitablauf wieder abschwächt ($\Rightarrow$ *Abbildung 4-1*). Wie nachfolgend noch dargestellt wird, nimmt zwar der spezifische Stromverbrauch künftig deutlich ab, aber wirtschaftliches Wachstum und eine Zunahme der Stromanwendungen in allen Nutzungsbereichen kompensieren diese Einsparungseffekte.

Bei der sektoralen Betrachtung ist lediglich für den Bereich Haushalte ein rückläufiger Stromverbrauch zu erwarten (2000 bis 2050: - 29 %). Hierfür ist neben Effizienzsteigerungen bei den Stromanwendungen vor allem auch eine deutliche Abnahme der Bevölkerung (2000 bis 2050: - 18 %) bzw. der Haushalte (2000 bis 2050: - 12 %) verantwortlich. Für die übrigen Sektoren ist von einem steigenden Stromverbrauch auszugehen.

(3) Das **Nachhaltigkeitsszenario** von WI/DLR zeigt für die Zukunft einen gänzlich anderen Weg für den Stromverbrauch auf ($\Rightarrow$ *Abbildung 4-1*). Statt eines Anstiegs beim Stromverbrauch zwischen 2000 und 2050 um 5 % wie im Referenzszenario sinkt der Stromverbrauch um 24 %. Im Vergleich zum Referenzszenario liegt der Stromverbrauch im Jahr 2050 um 28 % niedriger.

Diese Stromeinsparung wird weniger durch eine Vermeidung von Stromnutzungen – wie zum Beispiel durch den Rückgang bzw. Verzicht auf die elektrische Raumwärmeversorgung – erreicht, als vielmehr durch die Nutzung bekannter Effizienzpotenziale bei der Stromnutzung, für die unter den „normalen“ Bedingungen der Referenzentwicklung keine ausreichenden Realisierungsanreize bestehen.

Abbildung 4-1: Entwicklung des Stromverbrauchs (Endenergie) im Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich [Angaben in TWh]



Quelle: WI/DLR 2002 und eigene Berechnungen der Prognos AG.

(4) Bei der Aktivierung von **Stromsparpotenzialen** wird bereits im Referenzszenario für die künftige Entwicklung ein höheres Maß angenommen als im zurückliegenden Jahrzehnt. Zum Teil wird eine Umkehr der bisherigen Entwicklung unterstellt. Die Annahmen und Anforderungen für die drei wesentlichen Verbrauchssektoren stellen sich wie folgt dar:

- Im Sektor **Haushalte** muss im Referenzszenario eine Umkehr der bisherigen Entwicklung von einer spezifischen Verbrauchssteigerung von 0,4 bis 0,8 %/Jahr zu einer Senkung auf -0,3 bis -0,5 %/Jahr stattfinden. Im Referenzszenario wird der rückläufige Trend allerdings erst nach dem Jahr 2010 erwartet (⇒ *Tabelle 4-12*).

Um die langfristige Perspektive einer nachhaltigen Stromverbrauchssenkung zu gewährleisten, müssen umgehend die verfügbaren Stromeinsparpotenziale genutzt werden. Die deutliche Senkung des spezifischen Stromverbrauchs von durchschnittlich -1,6 bis -1,8 %/Jahr zwischen 2000 und 2050 finden daher im Haushaltssektor bereits weitgehend in den kommenden Jahren statt. Bis 2020 werden über 70 % des spezifischen Einsparpotenzials realisiert werden müssen.

Als Folge dieser deutlichen Effizienzsteigerung und Stromeinsparung würde im Nachhaltigkeitsszenario der Stromverbrauch

der Haushalte um fast 50 % unter dem Vergleichswert für das Referenzszenario liegen.

Tabelle 4-12: Entwicklung der Stromverbrauchswerte im Sektor Haushalte im Referenz- und Nachhaltigkeits-szenario im Vergleich

Verbrauch der Haushalte	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Referenzszenario							
▪ Verbrauch in TWh	117	131	136	126	113	104	93
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Haushalt	3.349	3.496	3.528	3.255	2.971	2.854	2.745
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,4 %/a		- 0,5 %/a				
Nachhaltigkeitsszenario							
▪ Verbrauch in TWh	117	131	93	61	55	52	49
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Haushalt	3.349	3.496	2.408	1.560	1.453	1.437	1.445
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,4 %/a		- 1,8 %/a				

Verbrauch der Einwohner	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Referenzszenario							
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Einwohner	1.478	1.595	1.654	1.563	1.453	1.414	1.364
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,8 %/a		- 0,3 %/a				
Nachhaltigkeitsszenario							
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Einwohner	1.478	1.595	1.130	750	710	705	717
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,8 %/a		- 1,6 %/a				

Quelle: WI/DLR 2002 und eigene Berechnungen der Prognos AG.

- Während für den Sektor **Kleinverbraucher** (Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) im Referenzszenario noch ein Zuwachs beim Stromverbrauch erwartet wird, kann mit den Annahmen des Nachhaltigkeitsszenarios zur Aktivierung von Einsparpotenzialen zunächst eine Stabilisierung des gegenwärtigen spezifischen Verbrauchsniveaus realisiert werden, das dann

zunächst bis 2020 absinkt ($\Rightarrow$ *Tabelle 4-13*). Bis 2050 kann der Stromverbrauch im Nachhaltigkeitsszenario trotz einer deutlichen Ausweitung der Wirtschaftstätigkeit in diesem Sektor auf dem Niveau des Jahres 1990 stabilisiert werden. Der Stromverbrauch liegt im Jahr 2050 um 26 % unter den Ergebnissen für das Referenzszenario.

Tabelle 4-13: Entwicklung der Stromverbrauchswerte im Sektor Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) im Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich

Kleinverbraucher	1990	1998	2010	2020	2030	2040	2050
Referenzszenario							
▪ Verbrauch in TWh	108	123	137	146	152	150	145
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Erwerbstätigen	o. A.	4.318	4.547	4.778	5.209	5.474	5.635
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	o. A.		+ 0,5 %/a				
Nachhaltigkeitsszenario							
▪ Verbrauch in TWh	108	123	130	117	116	113	108
▪ Spezifischer Verbrauch in kWh je Erwerbstätigen	o. A.	4.318	4.305	3.823	3.983	4.128	4.219
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	o. A.		> 0,0 %/a				

Quelle: W/DLR 2002 und eigene Berechnungen der Prognos AG.

- Der spezifische Stromverbrauch im Sektor **Industrie** ist im zurückliegenden Jahrzehnt mit 0,6 %/Jahr gestiegen. Sowohl für das Referenzszenario wie auch das Nachhaltigkeitsszenario wird für die Zukunft eine kontinuierliche Verringerung um 1,3 bzw. 1,8 %/Jahr erwartet ($\Rightarrow$ *Tabelle 4-14*). Die zu realisierenden Stromsarpotenziale liegen – nicht nur, aber in hohem Maße – bei den elektrischen Querschnittstechnologien ($\Rightarrow$ *Kapitel 5.1, Abs.-Nr. 3*). Trotz des sinkenden spezifischen Stromeinsatzes führt die wirtschaftliche Entwicklung im Industriesektor zwischen 2000 und 2050 im Referenzszenario zu einem Anstieg des Stromverbrauchs von 9 %. Erst mit den Annahmen zur konsequenten Nutzung der Effizienzpotenziale im Nachhaltigkeitsszenario kann eine Senkung von 12 % des Stromverbrauchs erreicht werden. Im Nachhaltigkeitsszenario liegt der Stromverbrauch um 20 % unter dem Vergleichswert des Referenzszenarios.

Tabelle 4-14: Entwicklung der Stromverbrauchswerte im Sektor Industrie im Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich

Industrie	1990	1998	2010	2020	2030	2040	2050
Referenzszenario							
▪ Verbrauch in TWh	208	210	220	233	237	236	229
▪ Spezifischer Verbrauch in GWh je Mrd. € NPW ¹⁾	481	505	430	372	329	291	257
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,6 %/a		- 1,3 %/a				
Nachhaltigkeitsszenario							
▪ Verbrauch in TWh	208	210	210	209	201	194	184
▪ Spezifischer Verbrauch in GWh je Mrd. € NPW ¹⁾	481	505	410	334	278	239	207
▪ Veränderung beim spezifischen Verbrauch	+ 0,6 %/a		- 1,8 %/a				

1) Nettoproduktionswert

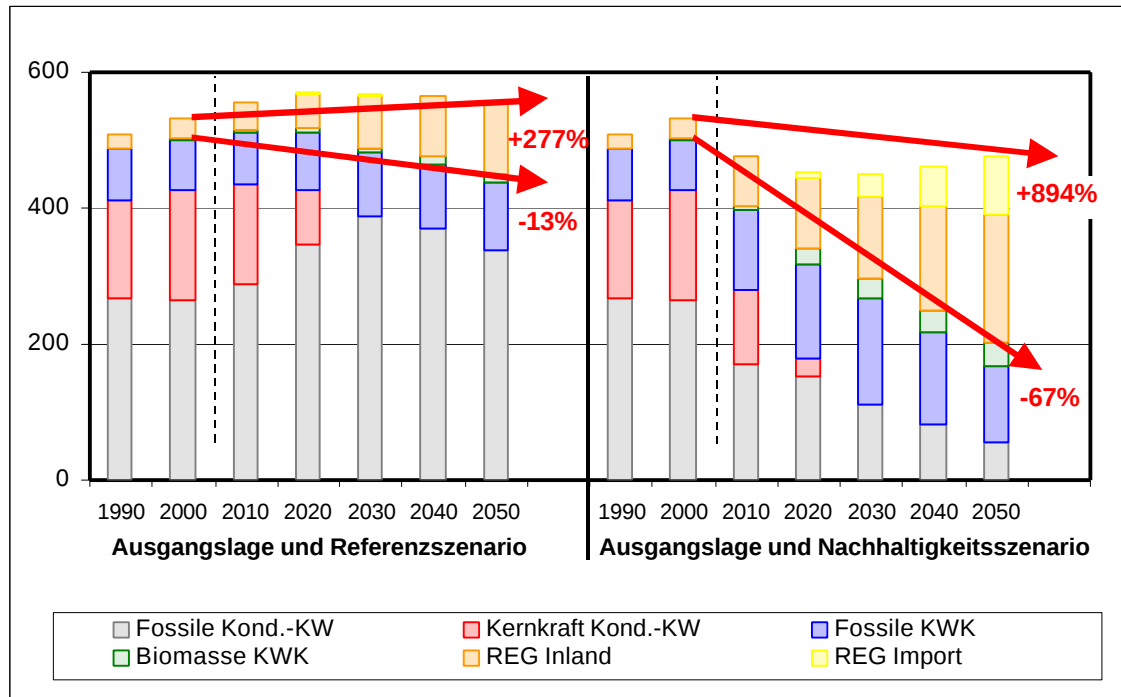
Quelle: WI/DLR 2002 und eigene Berechnungen der Prognos AG.

(5) Neben der Nutzung von Stromeinsparpotenzialen und einer effizienten Stromnutzung stellte die **Struktur der Stromerzeugung** die zweite wesentliche Säule einer nachhaltigen Stromversorgung dar.

Im **Referenzszenario** steigt die Stromerzeugung entsprechend dem Stromverbrauch zwischen 2000 und 2050 um 5 % an. Obwohl sich in diesem Zeitraum der Beitrag erneuerbarer Energieträger zur Stromerzeugung beinahe verdreifacht, bleibt ihr Anteil auf etwa 1/5 begrenzt. Die Stromerzeugung auf der Basis fossiler Energieträger bleibt weiterhin die wesentliche Basis zur Stromversorgung in Deutschland (⇒ *Abbildung 4-2*). Entgegen heutigen Tendenzen wird die Nutzung von Stein- und Braunkohle mit einem Anteil von über 60 % an der Stromerzeugung den wesentlichen Pfeiler der Stromversorgung im Jahr 2050 darstellen. Dies führt dazu, dass die CO₂-Emissionen der Stromversorgung in Deutschland im Jahr 2050 lediglich um 22 % unter den Emissionen des Jahres 1990 liegen würden.¹⁸

¹⁸ In den zurzeit verfügbaren Unterlagen zum Referenzszenario sind keine CO₂-Emissionen für die Stromerzeugung ausgewiesen. Die angegebene CO₂-Minderung wurde von der Prognos AG abgeschätzt.

Abbildung 4-2: Entwicklung der Nettostromerzeugung im Referenz- und Nachhaltigkeitsszenario im Vergleich [Angaben in TWh]



Quelle: WI/DLR 2002 und eigene Berechnungen der Prognos AG.

Im **Nachhaltigkeitsszenario** wird eine grundlegende Umstrukturierung der Stromerzeugungsstruktur zur Zielerreichung einer deutlichen CO₂-Minderung notwendig (⇒ *Abbildung 4-2*). Der Beitrag fossiler Energieträger zur Stromerzeugung verringert sich zwischen 2000 und 2050 um fast 70 % und hat nur noch einen Anteil von 35 %. Die erneuerbaren Energien verneunfachen ihren Beitrag zur Stromerzeugung bis 2050. Hierin ist auch der Stromimport auf Basis erneuerbarer Energien enthalten, der rechnerisch der im Nachhaltigkeitsszenario verstärkt einsetzenden elektrolytischen Wasserstofferzeugung zugerechnet werden kann. Aufgrund der Wasserstofferzeugung wird im Nachhaltigkeitsszenario nach 2030 auch ein Anstieg der Stromerzeugung angenommen, während die eigentliche Stromnachfrage bei den Verbrauchssektoren weiterhin rückläufig ist.

(6) Aus dem Vergleich der dargestellten zwei Entwicklungsrichtungen für die Stromversorgung der nächsten 50 Jahre lassen sich folgende **Schlussfolgerungen** ziehen:

- Die **Effizienzsteigerungen** bei Stromanwendungen werden in der Zukunft weiter anhalten. Die Effizienzsteigerungen reichen allerdings nur dazu, den Stromverbrauchsanstieg in den nächsten Jahrzehnten auf ein geringes Maß zu beschränken.

Eine Senkung des Stromverbrauchs ist unter den Bedingungen des Referenzszenarios nicht zu erwarten.

- Als Basis für eine nachhaltige Stromversorgung mit einer deutlichen Senkung der CO₂-Emissionen müsste der Stromverbrauch durch die **Aktivierung vorhandener Effizienzpotenziale** deutlich gesenkt werden. Die mit dem Nachhaltigkeitsszenario verbundenen Effizienzpotenziale beruhen weitgehend auf bereits heute bekannten und somit vorhandenen Einsparpotenzialen. Die zu ihrer Aktivierung notwendigen Instrumente und Maßnahmen zur Hemmnisüberwindung sind die Zukunftsaufgabe einer nachhaltigen Energiepolitik.
- Die **Realisierung der Effizienzpotenziale** ist eine Aufgabe, die nicht „auf die lange Bank“ geschoben werden darf. Auch wenn ein Zeithorizont von 50 Jahren die Lebenserwartung der meisten Entscheidungsträger übersteigen dürfte, ist aufgrund der Ergebnisse des Nachhaltigkeitsszenarios nur mit einem sofort eingeleiteten und kontinuierlich anhaltenden Umstrukturierungsprozess die Zielerreichung einer CO₂-Minderung von 80 % bis 2050 möglich.
- Die Veränderung der **Stromerzeugungsstruktur** ist das zweite Standbein einer nachhaltigen Entwicklung. Die mit dem Referenzszenario verbundene CO₂-Minderung von lediglich etwa 20 % kann nicht die Zielsetzung einer nachhaltigen CO₂-Minderung von 80 % erfüllen. Selbst wenn unterstellt würde, dass die deutlich geringere Stromnachfrage des Nachhaltigkeitsszenarios mit der Kraftwerksparkstruktur des Referenzszenarios erzeugt würde, liessen sich die CO₂-Emissionen nur um knapp 50 % im Vergleich zum Jahr 1990 senken. Für eine CO₂-Minderung von 80 % würde auch dies nicht ausreichen. Eine Umstrukturierung des Kraftwerksparks in Richtung der Annahmen des Nachhaltigkeitsszenarios ist somit notwendig.

Sowohl das Referenz- als auch das Nachhaltigkeitsszenario betrachten einen Zeithorizont von 50 Jahren. Dieser Zeitraum entzieht sich in der Regel menschlichem Vorstellungsvermögen über die realistischen Entwicklungsoptionen. Weltpolitische Entwicklungen sind nicht kalkulierbar. Der technologische Entwicklungsprozess vollzieht sich einerseits rasanter als in der Vergangenheit, andererseits brauchen auch neue Technologien – wie die Brennstoffzelle - längere Entwicklungszeiten als vielfach in der öffentlichen Diskussion wahrgenommen wird. Noch schwieriger wird die Einschätzung zur längerfristigen Verfügbarkeit neuer Technologien, die häufig das Stadium der Idee noch nicht überschritten haben, aber eine interessante Option für die Energieversorgung der Zukunft auch unter dem Aspekt einer nachhaltigen Entwicklung sein könnten (z.B. CO₂-freie Kohlekraftwerke). Diese abschließende Anmerkung zu den Szenarien sollte nicht dazu verleiten, eine abwartende Haltung einzunehmen und auf Technologien zu hoffen, die die Notwendigkeit des eigenen Han-

delns überflüssig machen. Vielmehr ist hieraus der Schluss zu ziehen, dass heute bereits ein aktives Handeln erforderlich ist, dass aber seine Flexibilität für neue Erkenntnisse und technologische Entwicklung erhalten muss.

5 Hemmnisse auf dem Weg zu einer nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung

(1) In dem vorangegangenen Kapitel wurden unterschiedliche Perspektiven für eine längerfristige Entwicklung von Stromnutzung und –erzeugung dargestellt. Dies sind nicht die einzigen denkbaren Wege in die Zukunft. Die noch ausstehenden Szenarienergebnisse im Rahmen der Arbeiten für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ werden hierzu weitere Varianten liefern.

Die Ausgangsbasis all dieser Szenarien ist die Erkenntnis, dass die Energieversorgung insgesamt und die Stromnutzung und –erzeugung im speziellen nicht dem „freien Lauf der Dinge“ überlassen werden kann, da eine nachhaltige Entwicklung mit ihren ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen die Einhaltung bestimmter Entwicklungsrichtungen bzw. Entwicklungsstandards erfordert.

Wird das im Kapitel zuvor dargestellte Nachhaltigkeitsszenario als Orientierungsmaßstab – nicht aber als einzig denkbare Entwicklungsvariante – für die Anforderungen und Notwendigkeiten einer künftigen Stromnutzung und –erzeugung herangezogen, wird deutlich, dass eine Umsteuerung auf allen Ebenen notwendig wird.

(2) Diese notwendige Umsteuerung ist kein sich selbstständig vollziehender Prozess, der lediglich kleiner Veränderungen bedarf, sondern erfordert eine vollständige Uorientierung bei der Stromnutzung und –erzeugung. Auch wenn hierfür ein Zeitraum von 50 Jahren auf den ersten Blick als lang erscheint, ist aus dem Nachhaltigkeitsszenario abzulesen, dass dieser Prozess angesichts der zum Teil sehr langen Reinvestitionszyklen im Energiebereich möglichst schnell eingeleitet werden sollte und nicht erst in zehn Jahren oder später.

Die Entwicklungen der Vergangenheit wie auch zahlreiche Analysen zeigen allerdings, dass eine Uorientierung in der Energieversorgung mit einer Vielzahl von Hemmnissen verbunden ist und traditionelle Versorgungs- und Nutzungsstrukturen ein beachtliches Beharrungsvermögen besitzen. War in der Vergangenheit die Nutzung von Effizienzpotenzialen zur Energieeinsparung bereits mit vielen Hemmnissen verbunden, so erfordert das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung zusätzliche Anstrengungen auf allen Ebenen der Stromnutzung und –erzeugung.

(3) Realisierungshemmnisse sind auf unterschiedlichen Handlungsebenen vorhanden, entsprechend groß ist der Handlungsbedarf. Dies beginnt im politischen und gesellschaftlichen Rahmen bei der Definition eines gemeinsamen Zieles, reicht über unterschiedliche Vorstellungen über den einzuschlagenden Weg und endet bei der Realisierung konkreter Maßnahmen an den Akzeptanzproblemen der Energie- bzw. Technologienutzer.

In diesem Kapitel soll nicht aus vorliegenden Hemmnisanalysen zitiert werden, die insbesondere im Hinblick auf die Realisierung von Einsparpotenzialen und die Nutzung erneuerbarer Energien erstellt wurden. Der Schwerpunkt bei dieser Hemmnisanalyse liegt vielmehr bei den strukturellen, gesellschaftlichen und ökonomischen Hemmnissen, die den Weg zu einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung erschweren oder sogar blockieren.

5.1 Gesellschaftlicher Stellenwert des Ziels einer nachhaltigen Entwicklung

(1) Die Grundvoraussetzung für die Realisierung einer nachhaltigen Entwicklung ist die breite Akzeptanz der damit verbundenen Zielrichtung. Hierüber ist im gesellschaftlichen Rahmen in der Regel – im Vergleich zu den hierfür notwendigen Umsetzungsmaßnahmen – relativ schnell ein Konsens möglich, da vor allem längerfristige Zielsetzungen die Relevanz für das notwendige (eigene) Handeln nur bedingt erkennen lässt.

In dem Moment, in dem die für die Zielerreichung notwendigen Maßnahmen und zu beschreitenden Pfade entwickelt und aufgezeigt werden, trennen sich meist die Wege der verschiedenen Interessengruppen, da es insbesondere bei grundlegenden Umstrukturierungen oft nicht nur Gewinner sondern auch Verlierer geben wird.

Vor dem Hintergrund dieses generellen Widerspruchs von Übereinstimmung bei den Zielen und Dissens bei den notwendigen Maßnahmen zur Zielerreichung wird die nachhaltige Entwicklung im gesellschaftlichen Rahmen von den politischen und wirtschaftlichen Institutionen wie auch von jedem Einzelnen sehr unterschiedlich wahrgenommen und akzeptiert bzw. in konkretes Handeln umgesetzt.

Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte des gesellschaftlichen Stellenwertes nachhaltiger Entwicklungsziele unter dem Blickwinkel Ihrer Relevanz für Politik, Wirtschaft und persönliches Handeln beleuchtet.

(2) Der Stellenwert nachhaltiger Entwicklungsziele hat im Zuge des Kyoto-Prozesses an **politischer Relevanz** vor allem in der jüngeren Vergangenheit deutlich zugenommen, nachdem die im Jahr 1997 vereinbarten Minderungsziele für die Treibhausgasemissionen nunmehr als internationale Vereinbarung verbindlich festgelegt wurden. Hieraus leitet sich ein Handlungszwang für energiepolitische Maßnahmen ab, die gewährleisten müssen, dass die eingegangenen Verpflichtungen auch eingehalten werden.

In Bezug auf die Klimagasemissionen und hier insbesondere die CO₂-Emissionen war in Deutschland zunächst zu Beginn der 90er Jahre kein deutlicher Handlungsdruck zu spüren, da vor allem im Zuge der Wiedervereinigung und dem damit einhergehenden Umstrukturierungsprozess sich fast automatisch eine CO₂-Minderung einstellte. Vor allem ab Mitte der 90er Jahre wurde aber immer deutlicher, dass ohne energiepolitische Maßnahmen die Erreichung des nationalen CO₂-Minderungsziels von 25 % bis 2005 und der internationalen CO₂-Minderungsverpflichtung von 21 %¹⁹ bis zum Zeitraum 2008/2012 nicht möglich sein würde.

An dieser Stelle ist bereits auf ein wesentliches **Hemmnis** im Prozess einer nachhaltigen Entwicklung hinzuweisen: Seitens der politischen Entscheidungsgremien wie auch der Entscheidungsträger werden zwar relativ schnell Zielvorgaben formuliert, die damit verbundenen notwendigen Maßnahmen in der Regel aber erst verspätet ergriffen. Aufgrund fehlender politischer Rahmensetzungen wie zum Beispiel durch Gesetze und Verordnungen besteht für die – in diesem Fall – Energieversorger und –nutzer wenig bis gar kein Handlungsanreiz, sich an neuen Zielsetzungen auszurichten. Vielfach wird sogar durch andere politische Rahmensetzungen ein zielkonformes Verhalten insbesondere aufgrund wirtschaftlicher Gegebenheiten verhindert. Die Wirkungen der Liberalisierung der Energiemärkte sind hierfür Beispiel gebend.

Daneben ist zunehmend zu beobachten, dass auf politische Zielvorgaben verzichtet wird, weil die damit verbundenen Konsequenzen dem betroffenen Wähler – jedenfalls zurzeit – nicht vermittelt werden können. Dieser Aspekt wird nachfolgend nochmals im Zusammenhang mit dem Klimaschutzprogramm bzw. der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie aufgegriffen.

Nach dem verspäteten Start der Politik – bzw. energiepolitischer Maßnahmen – in eine nachhaltige Energiepolitik sind in der jüngeren Vergangenheit eine Vielzahl von Aktivitäten eingeleitet worden, die eine Erreichung der politischen Zielsetzungen gewährleisten sollen. Zusammengefasst sind diese Maßnahmen im Klimaschutzprogramm der Bundesregierung [Bund 2000-B], das wiederum Eingang in die nationale Nachhaltigkeitsstrategie [Bund 2002-A]

¹⁹ Unter Anrechnung von CO₂-Senken umfasst diese Verpflichtung nunmehr eine Senkung um 19,5 %.

gefunden hat. Von Seiten der Bundesregierung wird nunmehr für den Energiesektor davon ausgegangen, dass die nationalen und internationalen klimapolitischen Ziele und Verpflichtungen in Deutschland erreicht werden. Hinsichtlich einer Minderung der Treibhausgasemissionen von 21 % für den Zeitraum 2008/2012 erscheint dies realistisch zu sein. Für das nationale CO₂-Minderungsziel von 25 % bis 2005 wird im wissenschaftlichen Raum die Zielerreichung eher skeptisch eingeschätzt.

Mit dem Klimaschutzprogramm und der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie liegt für die kommenden Jahre sowohl ein konkretes Handlungsprogramm wie auch ein längerfristiger Orientierungsrahmen u.a. für eine nachhaltige Energieversorgung vor. Im Zusammenhang hiermit erscheinen insbesondere zwei Aspekte von Bedeutung, wenn in Bezug auf **Hemmnisse** im politischen Handlungsrahmen eingegangen werden soll.

- Die Zielsetzungen zur Minderung der Treibhausgasemissionen bleiben auf die bekannten Vorgaben für 2005 bzw. 2008/2012 begrenzt. Über die genannten Zeiträume hinaus bestehen seitens der Bundesregierung noch keine konkreten quantitativen Ziele. Eine weitere drastische Minderung der Treibhausgase wird aber für erforderlich gehalten. Die Bundesregierung will die längerfristig anzustrebenden Ziele mit den relevanten Gruppen erörtern. Sie geht davon aus, dass andere Industriestaaten sich zu vergleichbaren Zielen verpflichten und so der deutschen Wirtschaft keine Nachteile im internationalen Wettbewerb entstehen. Hinsichtlich der ökologischen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung bestehen somit über den Zeithorizont 2008/2012 hinaus noch keine klaren Rahmenseetzungen. Dies wäre aber vor allem für die Energiewirtschaft von besonderer Bedeutung, um verlässliche Rahmenbedingungen für weit in die Zukunft reichende Investitionsentscheidungen zu setzen. Dies wird so auch in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie festgestellt, ohne hierzu aber konkrete Antworten zu liefern.
- Der bereits bei den Bewertungsergebnissen dieser Untersuchung aufscheinende Zielkonflikt zwischen ökologischen und ökonomischen/sozialen Kriterien bei einzelnen Stromerzeugungstechnologien findet sich auch in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. Wenn das Nachhaltigkeitsszenario als Orientierungsmaßstab herangezogen wird, so ist ein kontinuierlicher und deutlicher Rückgang der Kohlenutzung erforderlich. Im Referenzszenario nimmt hingegen der Beitrag der Stein- und Braunkohle zur Stromerzeugung zu. Den ökonomischen/sozialen Vorteilen einer Kohlenutzung stehen die ökologischen Kriterien – vor allem die CO₂-Emissionen – einer nachhaltigen Energienutzung entgegen. Um die Abhängigkeit von Energieimporten nicht zusätzlich zu erhöhen und massive wirtschaftliche Probleme in den betroffenen Bergbauregionen zu vermeiden, ist daher die Nut-

zung heimischer Kohle ein wesentlicher Bestandteil der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie für den Schwerpunktbereich „Energie effizient nutzen – Klima wirksam schützen“. Die sich daraus ergebenden Zielkonflikte müssen – gemäß der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – sorgfältig ausbalanciert werden.

Aus den beiden zuvor dargestellten Aspekten wird deutlich, dass nicht nur die Politik die Rahmenbedingungen nicht im „luftleeren Raum“ festlegen kann. Vielmehr muss sie sich an „Leitplanken“ orientieren, innerhalb derer realistische Politik betrieben werden kann. Die globale Dimension des Klimaschutzes bedarf zusätzlich eines weitgehenden globalen Gleichklangs bei Zielsetzungen und Maßnahmen, wenn für einschneidende Maßnahmen die erforderliche gesellschaftliche Akzeptanz gefunden werden soll.

(3) Die globale Dimension ist nicht nur beim Klimaschutz gegeben, sondern besitzt bereits seit langem **wirtschaftliche Relevanz** für die Handlungsweise von Unternehmen. Entsprechend orientieren sich die Investitionsentscheidungen von Unternehmen an den Wettbewerbsbedingungen nicht nur im nationalen sondern im internationalen Maßstab.

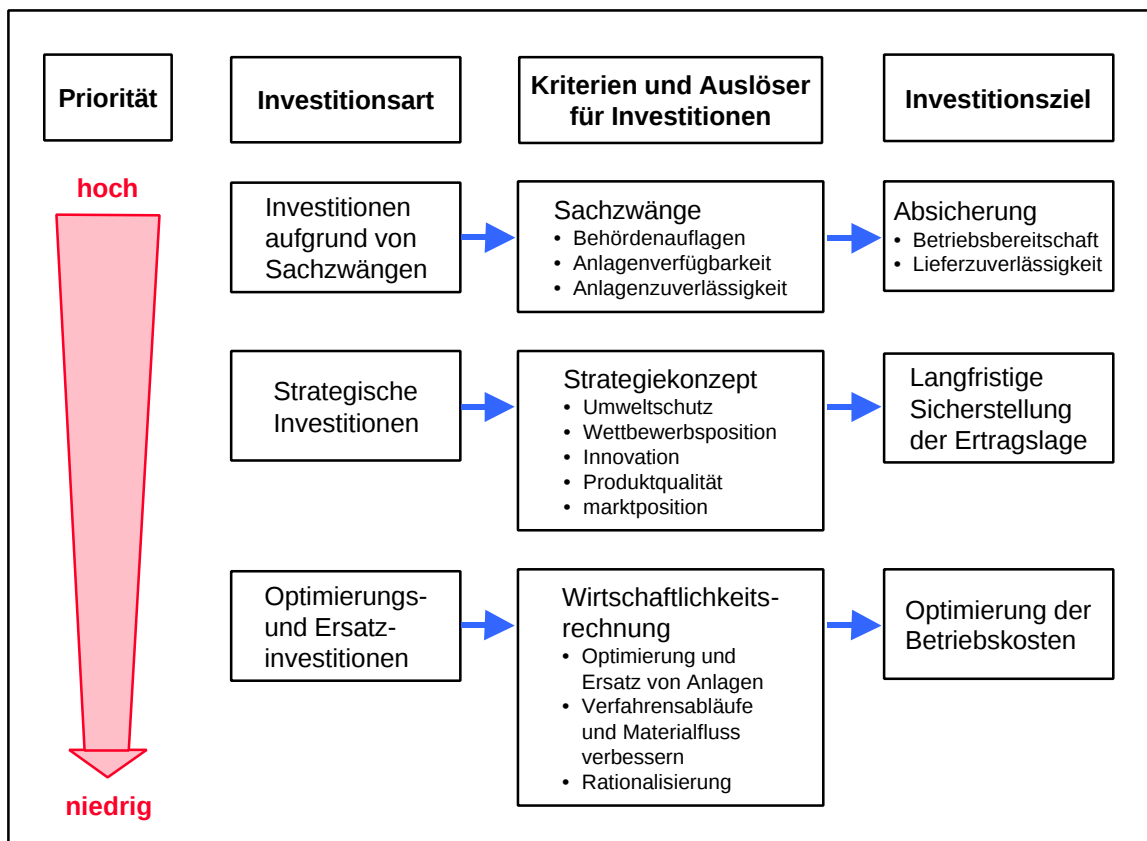
Investitionen zur Verringerung des Energieeinsatzes fallen in die Kategorie „Optimierungs- und Ersatzinvestitionen“. Sieht man sich die Motivation für Investitionsentscheidungen an, liegt diese Investitionskategorie am Ende der Prioritätenskala (⇒ *Abbildung 5-1*). Investitionen aufgrund von Sachzwängen und strategische Investitionen sind aus Unternehmenssicht für die Erhaltung und Absicherung der Wettbewerbsposition wichtiger.

Der Stellenwert einzelner Unternehmensaktivitäten wird durch mit ihnen verbundene wirtschaftliche Auswirkungen wesentlich beeinflusst. Die mit dem Energieeinsatz verbundenen Kosten spielen in der Regel nur eine untergeordnete Rolle. Im Durchschnitt ist der Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten von 3 % in den 80er Jahren auf heute 1,7 % gesunken [Bund 2002-A]. Mit Ausnahme einzelner energieintensiver Branchen besteht in den Unternehmen somit kein nennenswerter Handlungsdruck für intensive Aktivitäten zur rationellen Energienutzung. Der Energieeinsatz ist ein kostenmäßiger „Nebenaspekt“ im Produktionsprozess. Die Liberalisierung des Strommarktes hat mit einer Senkung der Industriestrompreise um 30 % und mehr hierzu beigetragen. Zur Jahresmitte 2001 lag der Durchschnitts-Industrie-Strompreis gemäß VIK bei 6,4 ct/kWh²⁰ [VIK 2001]. Industrielle Großkunden

²⁰ Mittelwert über 13 Abnahmefälle einschließlich Kostenanteile aus EEG und KWKG, aber ohne Stromsteuer und ohne Mehrwertsteuer.

können bei direktem Strombezug über das Hochspannungsnetz noch deutlich günstigere Strompreise – etwa 3 ct/kWh – erhalten. Die vergleichbaren Stromkosten eines Drei-Personen-Haushalts betrugen im Jahr 2001 etwa 10,8 ct/kWh²¹ [VDEW 2002].

Abbildung 5-1: Kriterien und Auslöser für Investitionsentscheidungen in Unternehmen



Quelle: Von Prognos überarbeitete Darstellung in Anlehnung an Krach (1992).

Die zuvor dargestellte Priorisierung der Investitionen ist somit aus Unternehmenssicht durchaus nachvollziehbar. Der Stellenwert nachhaltiger Entwicklungsziele vor allem im Hinblick auf die ökologischen Kriterien kann daher über bestehende wirtschaftliche Anreize wohl kaum erhöht werden. Die mit dem Nachhaltigkeits-szenario gemäß WI/DLR zu realisierenden Stromsparpotenziale liegen – nicht nur, aber in hohem Maße – bei den elektrischen Querschnittstechnologien (Druckluft, Pumpen und Ventilatoren,

²¹ Drei-Personen-Musterhaushalt mit einem Jahresverbrauch von 3.500 kWh. Angabe einschließlich Konzessionsabgabe, Kostenanteilen von EEG und KWKG, ohne Mehrwertsteuer und ohne Stromsteuer. Mit Mehrwertsteuer und Stromsteuer ergibt sich ein Strompreis von 14,3 ct/kWh.

sonstige elektrische Antriebe, Beleuchtung ⇒ *Tabelle 5-1*). Neben dem technischen Einsparpotenzial von 26 % liegt das wirtschaftliche Einsparpotenzial zwischen 23 % und 24 %. Neben fehlenden Umweltauflagen stellen die günstigen Industriestrompreise heute nur einen geringen Anreiz zur vollen Ausschöpfung dieser Einsparpotenziale dar.

Tabelle 5-1: Einsparpotenziale bei elektrischen Querschnittstechnologien in der Industrie

	Verbrauch 1998	Technisches Einsparpotenzial		Wirtschaftliches Einsparpotenzial	
	PJ	PJ	%	PJ	%
Druckluft	63	30	48	19 - 22	30 - 35
Pumpen und Ventilatoren	176	44	25	21 – 26	12 – 15
Sonstige elektrische Antriebe	218	25	11	51	23
Beleuchtung	37	28	77	21	56
SUMME	494	127	26	112 - 120	23 - 24

Quelle: Zusammenfassung verschiedener Untersuchungen in WI/DLR 2002.

Andererseits geht aus der Abbildung 5-1 hervor, dass Investitionen aufgrund behördlicher Auflagen eine sehr hohe Priorität genießen. Die heute geltenden behördlichen Umweltauflagen schließen den rationellen Energieeinsatz aber nur in sehr begrenztem Umfang ein. Lediglich für den Wärmeschutz für Gebäude besteht eine umfassende gesetzliche Regelung mit breiter Wirkung.

In Bezug auf den industriellen Sektor wird es immer schwieriger durch gesetzliche Maßnahmen den Stellenwert von Investitionen zum rationellen Energieeinsatz anzuheben – sei es nun über Verordnungen oder preispolitische Maßnahmen. Die Ausnahmetatbestände für einzelne Branchen im Rahmen der Ökosteuer zeigen dies. Im globalen Wettbewerb der Industrieunternehmen – mit der fortschreitenden Marktöffnung innerhalb der EU wird dies auch zunehmend für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen an Bedeutung gewinnen – wird die Vergleichbarkeit der Produktionsbedingungen zwischen den einzelnen Ländern immer wichtiger.

Zwar dürfte es aufgrund eines einzelnen Indikatorwertes – wie zum Beispiel höherer Energiepreise – nicht zu Abwanderungen kommen. Doch muss aus Sicht der Industrieunternehmen die

Balance von Standortvorteilen und –nachteilen im internationalen Vergleich gewahrt werden. Maßnahmen, die auch nur zu einer geringen Verschlechterung der Standortqualität führen, werden daher aus wirtschaftspolitischer Sicht nur schwer durchsetzbar sein.

Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie geht auf dieses Hemmnis insoweit ein, als dass Deutschland zwar seine Vorreiterrolle im Klimaschutz behalten will, aber isolierte Alleingänge insbesondere auch aus Gründen der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und der Akzeptanz in der Gesellschaft nicht beschreiten will. Dies erfordert eine intensive internationale Abstimmung über die Instrumente, die von politischer Seite zur weiteren Senkung der Klimagasemissionen eingesetzt werden sollen.

(4) Das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung besitzt für den einzelnen Konsumenten eine **persönliche Relevanz**, da er seine Lebensgewohnheiten unter Umständen neu ausrichten muss. Das Umweltbewusstsein des Einzelnen ist für die Akzeptanz oder Ablehnung von notwendigen Veränderungen ein wichtiger Bestimmungsgrund. Umfragen lassen eine positive Einstellung der Bevölkerung zum Umweltbewusstsein erkennen [Umweltbundesamt 2000]. Eine ausgeprägte Zahlungsbereitschaft für umweltfreundliche Produkte ist aber nur bei einem relativ kleinen Segment der Bevölkerung vorhanden. Dabei ist die Bereitschaft für umweltfreundliche Produkte höhere Preise zu zahlen größer, als für den Umweltschutz höhere Steuern zu akzeptieren.

Zwischen den positiven Tendenzen von Meinungsumfragen und dem konkreten Konsumverhalten sind aber Abweichungen feststellbar. Wurde im Zusammenhang mit „Grünen Stromangeboten“ bei Meinungsumfragen eine Bereitschaft zu freiwilligen Mehrzahlungen bei 20 % bis 80 % der Kunden ermittelt, so machen von dieser Möglichkeit im nationalen und internationalen Vergleich meist unter 1 % und nur in Einzelfällen bis zu 3 % der Kunden hiervon auch wirklich Gebrauch.²² Nicht etwa Probleme der Strommarktliberalisierung mit ihrem regulatorischen Aufwand haben zu diesem Ergebnis geführt. Vielmehr ist es so, dass bei Befragungen gerne eine fortschrittliche Position eingenommen wird, aber die reale Zahlungsbereitschaft – „wenn niemand mehr hinsieht“ – tatsächlich gering ausfällt.

Aufgrund dieser Diskrepanz zwischen öffentlichem Bekenntnis und tatsächlichem Handeln werden beim Einzelnen kostenwirksame Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung auf deutliche Akzeptanzprobleme stoßen, wenn deren Notwendigkeit nicht in

²² Vgl. hierzu Öko-Institut (1998)

ausreichendem Maße kommuniziert wird und/oder der persönliche finanzielle Spielraum zu sehr eingeengt wird.

5.2 Hemmnisse einer nachhaltigen Stromnutzung

(1) Als nachhaltig wird die Stromnutzung hier definiert, wenn sie möglichst effizient – also stromsparend – erfolgt und für die Stromnutzung keine sinnvollen Alternativen bestehen. Ausgehend von dieser Definition lassen sich die **strukturellen Hemmnisse** in drei Kategorien einteilen:

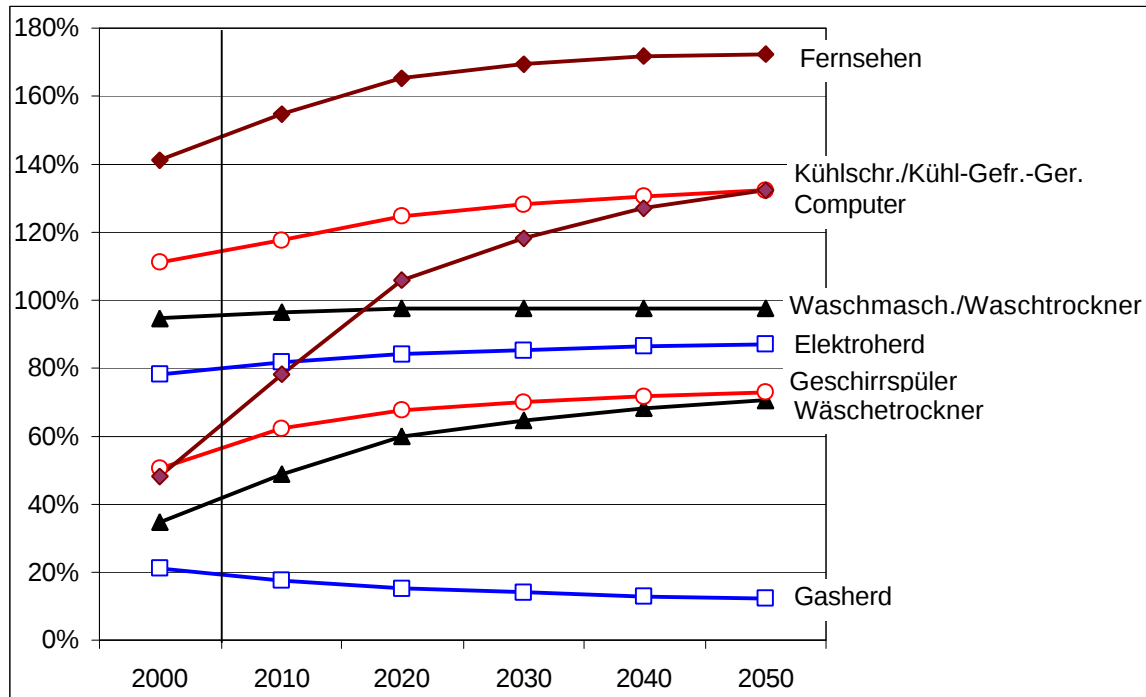
- Wirtschaftlicher und technologischer Fortschritt sind „stromgeführt“. Es wird somit künftig eher von mehr als von weniger Stromanwendungen auszugehen sein.
- Für viele Anwendungen ist die Stromnutzung einfacher und bequemer als die Nutzung von Alternativtechnologien.
- Stromeffiziente Geräte müssen sich den Markt mit „Stromfressern“ teilen. Ihre Vorteile im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung und bei umfassender Sicht auch hinsichtlich der Kosten sind auf den ersten Blick nicht immer zu erkennen.

(2) Die Zeiten, in denen die Prognosen der wirtschaftlichen Entwicklung und des Stromverbrauchs parallel zueinander verliefen sind zwar vorbei. Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch darf aber nicht darüber hinweg täuschen, dass sich vorhandene Stromanwendungen ausdehnen und neue Stromanwendungen hinzu kommen werden.

Die **Ausweitung vorhandener Stromanwendungen** kann beispielhaft an der Entwicklung der Ausstattungsquoten der privaten Haushalte mit elektrischen Geräten verdeutlicht werden (⇒ *Abbildung 5-2*). Auf zwei Entwicklungstrends ist hierbei besonders hinzuweisen:

- Die potenzielle Nutzung von Alternativen zur Stromnutzung – hier der Gasherd – nimmt in der Referenzentwicklung im Zeitablauf ab.
- Hinsichtlich der Ausstattungsquoten sind bis heute erst bei wenigen Geräten Sättigungstendenzen zu erkennen. Bei einzelnen Stromanwendungen ist der Trend zum Zweitgerät bereits erkennbar bzw. wird künftig erwartet.

Abbildung 5-2: Entwicklung der Ausstattungsquoten ausgewählter Elektrogeräte in Haushalten im Referenzszenario



Quelle: Enquete-Kommission (2002)

In Bezug auf die **Ausdehnung von Stromanwendungen** sind auch die Anstrengungen zu einem generell effizienteren Energieeinsatz von wesentlicher Bedeutung. Durch elektrische Mess-, Regel- und Steuertechnologien soll die Effizienz des Energieeinsatzes gewährleistet werden. Dies gilt nicht nur für industrielle Produktionsprozesse, sondern auch für Energieeinsparungen bei der Raumwärmenutzung in den Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher (Stichwort: elektronische Einzelraumregelung). Für den industriellen Sektor ist zudem eine weitere Zunahme der stromgeführten Automatisierungstechnologien zu erwarten.

Anders als es eine nachhaltige Stromnutzung auf den ersten Blick erfordern würde, stellt Strom für alle Verbrauchssektoren eine attraktive Energienutzungsform dar, die „keine“ Konkurrenzenergien hat. An diesem Systemvorteil der Stromnutzung müssen sich Alternativen messen lassen.

(3) Die **Attraktivität des Stromes** beruht in der Regel auf seiner einfachen und bequemen Nutzung im Vergleich zu Alternativtechnologien. Mehrere Aspekte begünstigen die Stromnutzung

und stehen einer energiesparenden und bewussten Nutzung von Strom entgegen:

- Strom ist praktisch überall verfügbar. Dies gilt sowohl hinsichtlich der räumlichen Erschließung mit Stromnetzen als auch für die Infrastrukturausstattung innerhalb der Gebäude. Die Verfügbarkeit von Strom ist heute eine Selbstverständlichkeit im alltäglichen Leben. Alternativen zur Stromnutzung sind nur eingeschränkt verfügbar. Der Energieträger Erdgas steht als Alternative für bestimmte Anwendungen nur dann zur Verfügung, wenn das Gebäude an die Gasversorgung angeschlossen werden kann. Soll in Haushalten ein Gasherd statt eines Elektroherdes genutzt werden, ist neben der ohnehin vorhandenen Stromversorgung eine zusätzliche Verteilung innerhalb des Gebäudes erforderlich, die zusätzliche Kosten verursacht. Dies erschwert den Einsatz von Alternativen zur Stromnutzung.
- Strom „kommt von allein ins Haus“ und steht im Bedarfsfall jeder Zeit zur Verfügung. Dies gilt bei einem vorhandenen Fernwärme- und Gasanschluss für diese Energieträger zwar auch, doch sind ihre Anwendungsmöglichkeiten vor allem im privaten Bereich begrenzt.
Die stetige Verfügbarkeit von Strom eröffnet somit die Möglichkeit, neue elektrische Geräte auch für solche Anwendungen zu nutzen, die bisher manuell oder gar nicht ausgeführt wurden. Die scheinbar unbegrenzte Verfügbarkeit von Strom stellt somit die Basis für neue Stromanwendungen dar, ohne dass diese in der Regel einer hinreichend kritischen Reflektion ihrer Notwendigkeit unter nachhaltigen Kriterien unterzogen würde.
- Einen besonderen Zielkonflikt für die nachhaltige Energienutzung stellen die Energiepreise dar. Unter ökonomischen und sozialen Aspekten soll eine preisgünstige Energieversorgung gewährleistet werden. Auf der anderen Seite sollen die Preise für Energie ein Niveau besitzen, das zum Energiesparen und zum bewussten Umgang mit Energie anreizt. Vor allem unter ökologischen Aspekten ließe sich durch die Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung das Preisniveau für die einzelnen Energieträger näher an die wahren gesellschaftlichen Kosten heran führen.
Mit der Liberalisierung des Strommarktes ist aber eine Senkung der Strompreise von durchschnittlich etwa 15 % eingetreten, die Nutzung von Strom ist damit attraktiver geworden. Es ist davon auszugehen, dass ohne das Eintreten außergewöhnlicher Ereignisse auch längerfristig das ursprüngliche Preisniveau vor der Strommarktliberalisierung nicht wieder erreicht wird.

Als Fazit hieraus kann festgehalten werden, dass mit der Stromnutzung im Vergleich zu Alternativsystemen, die auf anderen Energieträgern basieren spezifische Systemvorteile verbunden

sind. Diese Systemvorteile dürften einem verstärkten Einsatz von Alternativen entgegenstehen und stellen damit ein Hemmnis für die nachhaltige Stromnutzung dar.

(4) Eine nachhaltige Stromnutzung für den Betrieb elektrischer Geräte setzt voraus, dass stromsparende Geräte eingesetzt werden. Ein wesentliches Hemmnis heutiger und künftiger Stromnutzung unter diesem Gesichtspunkt ist die Tatsache, dass sich **stromeffiziente Geräte den Markt mit „Stromfressern“ teilen** müssen. Zwar ist mit der Kennzeichnung der Energieverbrauchsdaten bei Haushaltsgroßgeräten dem Verbraucher eine Entscheidungshilfe zur Verfügung gestellt worden, doch wird hiervon nur ein Teil der elektrischen Geräte erfasst. Vor allem Geräte für die Bürokommunikation und elektrische Antriebe sind hiervon ausgeklammert. Die Problematik hoher Stand-by-Verluste, die rechnerisch der Stromproduktion von zwei Kernkraftwerken entsprechen [Bund 2002-A], zeigt, dass stromsparende Technologien nicht in vollem Umfang zum Einsatz kommen, obgleich sie verfügbar sind. Neben Informationsdefiziten sind u.a. folgende **strukturellen Hemmnisse** für die weiter gehende Nutzung stromsparender Geräte festzustellen:

- Im Vordergrund der Entscheidung für den Kauf eines Elektrogerätes steht die Absicht, damit eine bestimmte Funktion zu erfüllen. Das Gerät wird somit vorrangig danach bewertet, inwieweit es diese Funktion erfüllt. Weitere Produkteigenschaften wie Qualität, Haltbarkeit und Energieverbrauch sind vom Käufer in der Regel nur schwer oder gar nicht zu bewerten. Die Kennzeichnungspflicht löst diese Problematik nur unzureichend und nur für ein Teilsegment der elektrischen Geräte.
- Der Kaufwunsch und in zunehmendem Maße auch der reine Konsumwunsch stehen bei der Anschaffung elektrischer Geräte im Vordergrund. Begrenzte finanzielle Budgets engen die Auswahl häufig auf Gerätesegmente ein, die in der Anschaffung zwar preisgünstig sind, aber einen hohen Stromverbrauch aufweisen.²³ Die mit elektrischen Geräten verbundenen Folgekosten treten bei diesem Kaufverhalten in den Hintergrund. Bei privaten Konsumenten steht der Konsumwunsch im Vordergrund, bei gewerblichen Konsumenten lässt häufig die Notwendigkeit einer kurzfristigen Ersatzbeschaffung die Kostengünstigkeit eines Gerätes über die gesamte Lebensdauer in den Hintergrund treten.

²³ Der hier dargestellte Zusammenhang, dass teure Geräte auch die stromsparenden Geräten sind bzw. preisgünstige Geräte den höchsten Stromverbrauch aufweisen ist in der Praxis nicht grundsätzlich so.

- In zunehmendem Maße werden den Konsumenten heute „**Systemangebote**“ unterbreitet. Der private Käufer erstet beispielsweise nicht nur die benötigten Küchenmöbel, sondern in dem Angebot sind die elektrischen Geräte enthalten. Wohnungen werden als Zeichen eines „gehobenen“ Standards mit einer Einbauküche vermietet. Aber auch im industriellen und gewerblichen Sektor werden nicht Einzelkomponenten erworben, sondern komplette Produktionssysteme, die nur bedingt eine Optimierung der elektrischen Einzelgeräte – vor allem der elektrischen Antriebe – im Hinblick auf stromsparende Eigenschaften beinhalten. Die zunehmende Ausweitung von Systemangeboten in allen Lebens- und Produktionsbereichen führt zu einer „Verschleierung“ des damit verbundenen Stromverbrauchs bzw. erschwert die Bewertung der eingesetzten Stromtechnologien.

Die beispielhaft dargestellten strukturellen Hemmnisse für die Auswahl stromeffizienter Geräte verdeutlichen einen zunehmenden Handlungsbedarf vor allem unter dem Aspekt einer weiter zunehmenden Ausdehnung von Stromanwendungen.

5.3 Hemmnisse einer nachhaltigen Stromerzeugung

(1) Eine nachhaltige Stromerzeugung muss in gleicher Weise die ökologischen, ökonomischen und sozialen Anforderungen erfüllen. Wie bereits zuvor in Kapitel 5.1 dargestellt wurde, ergeben sich vor allem in Deutschland mit seiner heimischen Kohlenutzung Zielkonflikte zwischen den ökologischen und ökonomisch/sozialen Kriterien einer nachhaltigen Stromversorgung. Es bleibt abzuwarten, ob die Szenarien im Rahmen der Arbeiten der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ hierzu Lösungsvarianten liefern werden. Die nachfolgende Hemmnisanalyse orientiert sich in Bezug auf die Erfordernisse und künftige Struktur einer nachhaltigen Stromerzeugung an den Ergebnissen des Nachhaltigkeitsszenarios von WI/DLR. Dieses Szenario kann insoweit als Grundlage für das Aufzeigen struktureller Hemmnisse herangezogen werden, als es tiefgreifend in die bestehenden Stromerzeugungsstrukturen eingreift. Folgende Aspekte werden nachfolgend unter dem Blickwinkel struktureller Hemmnisse erläutert:

- Das Beharrungsvermögen traditioneller Erzeugungsstrukturen
- Die globale Dimension der Stromerzeugung
- Die Risiken eines Strukturwandels aus regionaler Sicht

(2) Gemäß dem hier zur Orientierung herangezogenen Nachhaltigkeitsszenario von WI/DLR bedeutet eine nachhaltige Stromerzeugung einen kontinuierlichen Rückgang der Stromerzeugung auf Basis fossiler Energieträger, bis zum Jahr 2050 auf ein Niveau von etwa 1/3 der Stromerzeugung des Jahres 2000. Für die fossile Stromerzeugung in Kondensationskraftwerken wird sogar ein Rückgang auf 1/5 der heutigen Stromerzeugung unterstellt (⇒ Kapitel 4.3). Dies bedeutet eine weitgehende Umstrukturierung hin zu erneuerbaren Energien mit dezentralen Erzeugungsstrukturen und neuen Standorten (Offshore-Windkraftanlagen), die auch zum Teil eine neue Verteilungsinfrastruktur benötigen. Diesen Szenarioannahmen steht als Hemmnis das **Beharrungsvermögen traditioneller Erzeugungsstrukturen** gegenüber.

Die heutige Stromerzeugungsstruktur mit ihren Kraftwerksstandorten sowie Anlagen und Netzen zur überregionalen Stromverteilung ist über Jahrzehnte gewachsen. Diese Anlagen stellen die wirtschaftliche Basis für die Versorgungswirtschaft dar. Die weitgehende Erhaltung dieser Strukturen ist Gegenstand aktueller Planungen, zum Beispiel im Rheinischen Braunkohlenrevier. Die neuen Braunkohlekraftwerke in Ostdeutschland haben aus heutiger Sicht gleichfalls einen Horizont für ihre Betriebszeit bis zum Jahr 2040. Nicht nur die Investitionen, sondern auch die zu bildenden Rückstellungen für die Rekultivierung sind auf diese längerfristigen Betriebszeiten ausgerichtet worden. Eine strukturelle Verschiebung bei der Stromerzeugung gemäß dem Nachhaltigkeitsszenario erforderte somit mindestens eine Aufgabe des geplanten Aufschlusses von Garzweiler II im Rheinischen Braunkohlenrevier. Die langen Planungszeiträume bei Investitionen in Stromerzeugungsanlagen stellen somit ein wesentliches Hemmnis für eine Umstrukturierung der Stromerzeugung dar. Denn bereits heute müsste mit dem Einstieg in die neuen Strukturen begonnen werden und längerfristig wirkende Investitionen, die nicht einer nachhaltigen Stromerzeugung gemäß dem Nachhaltigkeitsszenario entsprechen, müssten unterbleiben.

Unterstützt wird das Beharrungsvermögen in traditionellen Erzeugungsstrukturen zudem durch die bestehenden Preisstrukturen. Sowohl hinsichtlich der Anlagenkosten wie auch der Energiekosten besteht aus heutiger Sicht eher ein Anreiz, in traditionelle Erzeugungsstrukturen zu investieren als in größerem Umfang in Alternativtechnologien. Allerdings hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz zu einem deutlichen Aufschwung in diesem Bereich beigetragen.

(3) Die **Globalisierung** wird weiter fortschreiten, und auch die Stromerzeugung ist hiervon nicht ausgeschlossen. Den Vergleichsmaßstab bilden im Stromsektor die Stromerzeugungskosten, die heute nicht mehr isoliert vom internationalen Umfeld betrachtet werden können. Dies einerseits wegen ihres Einflusses

auf die nationalen Standortbedingungen für international tätige Wirtschaftszweige und andererseits als Maßstab für die Attraktivität von Stromimporten.

Aufgrund dieser internationalen Dimension der Stromerzeugung ergeben sich für eine Umstrukturierung der Stromerzeugungsstruktur folgende Hemmnisse:

- Die **Strompreise in Deutschland** werden sich dem internationalen Vergleich stellen müssen. Die Ausnahmetatbestände für einzelne Branchen im Rahmen der Ökosteuer belegen dies (⇒ *Kapitel 5.1, Abs.-Nr. 3*). Ein Wechsel von einer im internationalen Vergleichsmaßstab konkurrenzfähigen Stromerzeugung zu relativ teuren Technologien, wie dies im Nachhaltigkeits-szenario angenommen wurde, dürfte bei deutlich höheren Stromerzeugungskosten auch ausserhalb des industriellen Sektors auf Akzeptanzprobleme stoßen. Nur wenn es gelingt, auch im internationalen Umfeld eine Strukturveränderung der Stromerzeugung zu erreichen, ist eine Akzeptanz höherer Strompreise zu erwarten. Die Akzeptanz wiederum hängt davon ab, ob die wirtschaftliche Situation der Haushalte real deutlich höhere Strompreise ermöglicht und den Haushalten freie Investitionsmittel für Stromsparinvestitionen zur Verfügung stehen.
- Die Stromerzeugungskosten im internationalen Umfeld liegen zum Teil mehr oder weniger deutlich unterhalb des deutschen Kostenniveaus. Im Rahmen des EU-Binnenmarktes könnte theoretisch eine beliebige Strommengen importiert werden und somit eine nachhaltige Stromerzeugung unterlaufen. Diese Variante der **ausländischen Stromerzeugung für Deutschland** würde um so attraktiver, je mehr die Stromerzeugungskosten in Deutschland ansteigen.
Zwar besteht aufgrund der heutigen und künftig absehbaren Übertragungskapazitäten eine Begrenzung der importierbaren Strommengen [ISI 2001], aber ohne eine mindestens EU-weite Abstimmung über die Standards einer nachhaltigen Stromerzeugung werden kostengünstige Stromimporte aus dem Ausland die Umstrukturierung zu einer nachhaltigen Stromerzeugung erschweren.
- Die internationale Dimension mit einem Zeithorizont bis 2050 kann mit Blick auf die erneuerbaren Energien auch deutlich positive Aspekte besitzen, wenn an den **Strom- oder Wasserstoffimport aus dem Mittelmeerraum** gedacht wird.²⁴ Im Nachhaltigkeitsszenario ist hierzu eine Vision enthalten: Ein Teil des Stromimportes, der rechnerisch dem Strombedarf zur elektrolytischen Wasserstoffherstellung entspricht, soll aus

²⁴ Verg. Hierzu zum Beispiel Brauch u.a. (1999).

solarthermischen Kraftwerken zur Verfügung gestellt werden. Dieser Vision liegt die Tatsache zu Grunde, dass in anderen Weltregionen die Bedingungen zur Solarenergienutzung günstiger sind als in Mitteleuropa. Zum Teil ist damit auch die Vorstellung verbunden, dass über die Strom- und Wasserstoffherzeugung afrikanische Länder stärker in den technologischen und wirtschaftlichen Fortschritt aktiv einbezogen werden können. Hiermit soll gleichfalls ein Beitrag zur Friedenssicherung geleistet werden.

Aus heutigem Blickwinkel besitzt diese Vision wegen vielfältiger Probleme allerdings geringe Realisierungschancen. Die Stromerzeugung in Deutschland wie auch in der EU ist im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch noch relativ unabhängig von Energieimporten und weist eine Diversifizierung bei den Energieträgern auf. Ein Teil der Stromerzeugung würde in Regionen verlagert, die heute als politisch instabil bezeichnet werden müssen. Die politischen Entwicklungen der nächsten 50 Jahre können aus heutiger Sicht nicht verlässlich beurteilt werden, so dass eine Nachhaltigkeitsstrategie im Stromsektor hierauf nicht aufgebaut werden kann. Eine nachhaltige Entwicklung sollte vorrangig auf den Möglichkeiten zur Nutzung der eigenen realistischen Potenziale aufbauen.

(4) Die **Risiken des Strukturwandels** werden im Sinne eines Hemmnisses hier nicht auf die Stromnutzung oder –erzeugung bezogen, sondern bezieht sich auf die Regionen, die von einer grundlegenden Veränderung der Stromerzeugungsstruktur betroffen sind.

Von einem Rückgang der fossilen Stromerzeugung wären in Deutschland vor allem Regionen mit Stein- und Braunkohlenbergbau betroffen, die auch heute noch zum Teil nach Jahrzehnten des „Strukturwandels“ mit wirtschaftlichen Problemen zu kämpfen haben.²⁵ Die Wirkungen einer rückläufigen Kohleverstromung können für die Stein- und Braunkohleregionen in Deutschland aber durchaus unterschiedlich bewertet werden.

Die deutsche Steinkohle kann nur über Subventionen ihre Konkurrenzfähigkeit erhalten und die Subventionen werden kontinuierlich verringert. Hierin liegt für die nationale Steinkohlenförderung ein größeres Risiko als in den Konsequenzen einer längerfristig angelegten nachhaltigen Stromerzeugungsstrategie.

Anders sieht die Situation für die Braunkohlenreviere aus. Für die Braunkohleverstromung könnte die Nutzungsperspektive durchaus über das Jahr 2050 hinausreichen und somit durch eine nachhaltige Stromerzeugungsstrategie gemäß dem Nachhaltigkeitsszenario von WI/DLR negativ beeinflusst werden. Für die Braunkohleverstromung ist somit in einer nachhaltigen Entwicklung von einem

²⁵ Vgl. hierzu z.B. Prognos (1999-B).

Zielkonflikt auszugehen, der bisher unter Berücksichtigung sowohl der ökologischen wie auch der ökonomischen und sozialen Aspekte nicht hinreichend gelöst worden ist. Zwar eröffnet das Nachhaltigkeitsszenario der Braunkohleverstromung noch eine langfristige Nutzungsperspektive, allerdings auf einem deutlich niedrigeren Niveau als es aus heutiger Sicht möglich wäre. Ohne glaubwürdige und finanzierbare Maßnahmen zum Strukturwandel für die betroffenen Braunkohlenreviere wird ein ökologisch motivierter Rückgang der Braunkohleverstromung den Betroffenen nicht vermittelbar sein.

6 Schlussfolgerungen für eine nachhaltige Entwicklungsstrategie

(1) Eine nachhaltige Entwicklung beinhaltet komplexe Anforderungen für die einzusetzenden Technologien, die gleichzeitig ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien gerecht werden müssen. Diese drei Aspekte der Nachhaltigkeit weisen jeweils wiederum mehrere Subaspekte auf, die letztlich integriert zu betrachten sind.

Die Bewertung der Stromnutzungs- und -erzeugungstechnologien hat gezeigt, dass sich aufgrund dieser Komplexität oftmals eindeutige Vorteile oder Nachteile bestimmter Technologien nicht einstellen, wenn man Subaspekte der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension der Nachhaltigkeit gleichrangig berücksichtigt. Dies gilt jedenfalls dann, wenn innerhalb des Anforderungssystems keine Gewichtung vorgenommen wird. Bei einer Beschränkung auf ausgewählte Prüfkriterien für eine nachhaltige Entwicklung lassen sich Zielkonflikte für einzelne Technologien identifizieren. Dies gilt mit Blick auf die Stromerzeugung insbesondere für die Kohlenutzung.

(2) Für künftige Perspektiven der Stromnutzung und -erzeugung skizziert der **Szenarienvergleich** die Potenziale und Grenzen einer nachhaltigen Entwicklung. Er zeigt, dass bei der Erzeugung und beim Verbrauch von Strom erhebliche Veränderungen erforderlich sind, wenn eine nachhaltige Entwicklung angestrebt wird. So werden im Referenzszenario die ökologischen Ziele einer nachhaltigen Stromnutzung und -erzeugung verfehlt. Für die sozioökonomischen Ziele gilt dies nicht. Beim dargestellten Nachhaltigkeitsszenario stellt sich die Situation anders dar, hier werden die ökologischen Ziele erreicht, für die sozioökonomischen Ziele lässt sich dies nicht mit Bestimmtheit sagen.

Generell ist festzuhalten, dass eine nachhaltige Entwicklung eine **effiziente Energieanwendung** voraussetzt. Die durchgeführte **Hemmnisanalyse** hat gezeigt, welche wesentlichen strukturellen Hemmnissen einer effizienten Energienutzung im Wege stehen. Um diese Hemmnisse zu überwinden, ist aus Sicht der Prognos AG zum einen ein „langer Atem“ erforderlich. Zum anderen wird es nötig sein, über ein Bündel von Instrumenten zu verfügen, die auf nationaler und internationaler Ebene eingesetzt werden können, um die Hemmnisse abzubauen. Ein „langer Atem“ ist erforderlich, weil eine nachhaltige Entwicklung auch die Veränderung von tradierten Verhaltensmustern voraussetzt. Dies bezieht sich nicht nur auf die einzelne Person, sondern auf alle gesellschaftlichen Prozesse.

Ein Bündel an Instrumenten ist notwendig, weil nicht nur ein Ziel

erreicht werden soll. Das bedeutet auch, dass zum Teil grundlegende Veränderungen der staatlichen Steuerungsinstrumente vorzunehmen sein werden.

Längerfristig wird es nicht möglich sein, national isoliert eine Nachhaltigkeitsstrategie zu verfolgen und entsprechende Instrumente einzusetzen. Denn aufgrund der bestehenden Einbindung Deutschlands in die Weltwirtschaft werden die Grenzen für nationale Lösungsstrategien immer enger gezogen. Wenn die Differenzen hinsichtlich der verfolgten Strategie und der eingesetzten Instrumente im Vergleich zum internationalen Umfeld zu groß werden, besteht nicht nur die Gefahr wirtschaftlicher Nachteile, sondern es können auch Akzeptanzprobleme innerhalb der Gesellschaft auftreten. Entscheidend aber ist, dass es sich bei der nachhaltigen Entwicklung um eine globale Aufgabe handelt, die nicht allein auf nationaler Ebene erfüllt werden kann.

(3) Aus all dem lassen sich für eine nachhaltige Entwicklung folgende **Schlussfolgerungen** ziehen:

1. Für den **Zeitraum bis 2010** bestehen in Deutschland Entwicklungsziele für einen ersten Schritt in Richtung einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung. Um diese Ziele zu erreichen, sind Maßnahmen eingeleitet worden, die eine Zielerreichung, vor allem mit Blick auf die Klimagasemissionen, wahrscheinlich machen.
Es ist zwar nicht zu erwarten, dass alles in die gewünschte Richtung laufen wird, denn möglicherweise entfalten einzelne Instrumente nicht die erwartete Wirkung. Aber mit den eingeleiteten Maßnahmen sind wesentliche Voraussetzungen für Schritte in die richtige Richtung gelegt worden, die es erlauben, nun die Entwicklung zu beobachten und künftig feststellbare Defizite gezielt zu beheben.
Wenn sich aus dieser Feststellung eine „gewisse Ruhe“ für das künftige Handeln ableitet ist dies einerseits richtig und andererseits problematisch für jene Maßnahmen im Stromsektor, die in diesem Jahrzehnt eingeleitet werden und wie Kraftwerksneubauten eine längerfristige Wirkung entfalten. Fehlende Zielsetzungen und darauf abgestimmte Rahmenbedingungen über das Jahr 2010 hinaus können daher zu langfristig wirkenden und nur schwer oder gar nicht korrigierbaren Tatsachen führen, die einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung entgegenstehen.
2. Eine nachhaltige Entwicklung endet nicht mit dem Jahr 2010. Aller Voraussicht nach müssen die Anstrengungen danach vielmehr verstärkt werden, damit eine nachhaltige Entwicklung Realität wird. Deshalb darf der wahrscheinliche Erfolg der eingeleiteten Maßnahmen nicht zum Stillstand verleiten. Vielmehr muss die Zeit für die **Entwicklung neuer**

Instrumente und für Abstimmungen auf der **internationalen Ebene** genutzt werden. Denn vor dem Hintergrund der weiter fortschreitenden politischen und wirtschaftlichen Integration innerhalb der EU wie auch der globalen Wirtschaftsbeziehungen kann die Diskussion über eine nachhaltige Entwicklung und der aus ihr abgeleitete Instrumenteneinsatz spätestens nach 2010 nicht mehr nur im nationalen Rahmen erfolgen. Diese Einbeziehung der internationalen Dimension erhöht zwar die Komplexität der Aufgabe, sie ist aber erforderlich, um eine breite Akzeptanz für die Verfolgung einer Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen.

3. Die Hemmnisanalyse hat gezeigt, dass mit **der Stromnutzung** viele Systemvorteile verbunden sind, die sowohl den Einsatz effizienter Elektrogeräte wie auch den kritischen Umgang mit dieser Energieform behindern. In allen Bereichen besteht die Tendenz eines intensiveren Stromeinsatzes.
Um angesichts dieser Einschätzungen den Stromverbrauch zu senken, sollte die Nachhaltigkeitsstrategie im Strombereich auf die Effizienz der eingesetzten Elektrogeräte ausgerichtet werden. Werden preispolitische Maßnahmen an dieser Stelle zunächst einmal ausgeklammert so kann über die **Vorgabe von spezifischen Verbrauchswerten** das heute bereits technisch verfügbare Einsparpotenzial aktiviert werden, das sich im Laufe der Zeit durch technologische Entwicklungen weiter erhöhen lässt. Hierzu wären entsprechende Markteingriffe erforderlich.
4. In der Vergangenheit haben sich „**Preissignale**“ als wirksame Instrumente für einen sparsamen Umgang mit Energie bewährt. Diese „Preissignale“ wurden in der Vergangenheit aber eher von den internationalen Energiemärkten ausgesendet und weniger von der Energiepolitik, mit der Einführung der Ökosteuer hat sich dies geändert. Für eine nachhaltige Entwicklung dürfte es erforderlich sein, die Energiepreise weit über das heutige Niveau hinaus anzuheben. Ein geeignetes Instrument hierfür könnte eine aufkommensneutrale Energiesteuer sein, deren Aufkommen nach einem festzulegenden Schlüssel an die Energieverbraucher zurück erstattet wird.
5. Bei der **Stromerzeugung** sind unterschiedliche Wege denkbar, sich einer nachhaltigen Entwicklung zu nähern. Das Nachhaltigkeitsszenario von WI/DLR stellt hierzu eine Variante dar. In Deutschland wird vor allem die Kohleverstromung kontrovers diskutiert, die unter ökonomischen/sozialen Aspekten ihre Vorteile besitzt, aber in Bezug auf die ökologischen Kriterien Nachteile aufweist und nicht in eine Klimaschutzstrategie mit drastischen CO₂-Minderungen passt. Für diesen Zielkonflikt gibt es aus unserer Sicht noch keine Auflösung. Zwar besteht theoretisch die Möglichkeit,

durch die Abscheidung und Lagerung von CO₂ bei der Kohleverstromung ökologische, ökonomische und soziale Aspekte der Nachhaltigkeit gleichermaßen zu berücksichtigen, aber die praktische Realisierbarkeit und die Konkurrenzfähigkeit dieser Technik kann heute noch nicht abschließend beurteilt werden. Dies gilt auch für eine Versorgungsstrategie, die – jedenfalls zum Teil – auf Wasserstoff basiert und die Stromerzeugung auf regenerativer Basis außerhalb Europas als Option vorsieht.

Die Lösung für eine nachhaltige Stromerzeugung wird wohl nicht in der Anwendung nur einer Technologie liegen können. Es wird notwendig sein, verschiedene Erzeugungstechnologien so zu kombinieren, dass die unterschiedlichen Systemvorteile die verbleibenden Nachteile überkompensieren und die Gesamtheit der Einzelsysteme eine nachhaltige Stromerzeugung gewährleisten.

(4) Die Diskussion über den zur Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung einzuschlagenden Weg ist in vollem Gange. Mit den hier vorgelegten Analysen zu einer nachhaltigen Stromnutzung und –erzeugung wurden sowohl die Potenziale wie auch die Hemmnisse aufgezeigt, die für eine nachhaltige Entwicklung im Stromsektor bestehen.

Die hieraus abgeleiteten Schlussfolgerungen für eine Nachhaltigkeitsstrategie sind – insbesondere im Hinblick auf denkbare Instrumente – nicht als abschließende Lösungsvorschläge zu verstehen. Vielmehr stellen sie einen Beitrag im Rahmen der Diskussion um den einzuschlagenden Weg dar. Im Laufe der Zeit werden sich neue Erkenntnisse einstellen, sowohl was die Effektivität der Instrumente angeht wie auch hinsichtlich der Möglichkeiten, durch technologische Innovationen einer nachhaltigen Entwicklung näher zu kommen.

Die mit einer langfristigen Vorschau unvermeidbar verbundenen Unsicherheiten legen es nahe, auf eine flexible und technologisch breit angelegte Strategie zu setzen.

Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen - Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen:
Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik
Deutschland 1990 bis 1999. Berlin 2000.

Agenda 21 (1992): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt
und Entwicklung in Rio de Janeiro – Agenda 21, herausgegeben
vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktor-
sicherheit, Bonn.

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)
(1998): Nachhaltige Raumentwicklung – Szenarien und Perspekti-
ven für Berlin-Brandenburg, Hannover.

Bjerregaard, Ritt (1998): Buenos Aires Climate Change
Conference: Where the EU Stands, Paris.

BMU [Bundesumweltministerium] (1992): Konferenz der Ver-
einten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio
de Janeiro - Dokumente - Agenda 21, Bonn.

BMU [Bundesumweltministerium] (1997): Schritte zu einer
nachhaltigen, umweltgerechten Entwicklung, Bonn.

BMU [Bundesumweltministerium] (1998): Nachhaltige Entwick-
lung in Deutschland: Entwurf eines umweltpolitischen Schwer-
punktprogramms, Bonn.

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktor-
sicherheit (1997):** Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwick-
lung in Deutschland, Bericht der Bundesregierung anlässlich der
VN-Sondergeneralversammlung über Umwelt und Entwicklung
1997 in New York, Bonn.

BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie:
Energie Daten 2000. Berlin 2000.

BMWi (2001) - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie:
Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversor-
gung - Energiebericht. Berlin 2001.

Brauch (1999) Brauch, Hans Günter; Czisch, Gregor; Knies,
Gerhard (Hrsg.): regenerativer Strom für Europa durch Fernüber-
tragung elektrischer Energie. Berichtsband über eine Workshop
des Hamburger Klimaschutz-Fonds. AFES-PRESS Verlag,
Mosbach 1999.

Bund 2000-A: Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und
den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000.

Bund 2000-B: Klimaschutzprogramm der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000.

Bund 2000-C: Gesetz zum Schutz der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) vom 12. Mai 2000. Das Gesetz ist am 18. Mai 2000 in Kraft getreten.

Bund 2000-D: Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge vom 9. November 2000.

Bund 2000-E: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) vom 29. März 2000. Das Gesetz ist am 1. April 2000 in Kraft getreten.

Bund 2000-F: Leitlinien zur Energiepolitik: Ergebnisse des Energiedialogs 2000. Berlin, Juni 2000.

Bund 2001-A: Gesetzentwurf der Bundesregierung vom 14.08.2001: Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz).

Bund 2001-B: Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen und der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Ergänzung zur Klimavereinbarung vom 9.11.2000. Vereinbarung vom 25. Juni 2001.

Bund 2002-A: Die Bundesregierung: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin, April 2002.

Bund 2002-B: Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) i.d.F. vom 22. April 2002.

Central Research Institute of Electric Power Industry (1998): Liberalisation of the Electrical Supply Industry and Security of Supply, CRIEPI Report, Paris.

Central Research Institute of Electric Power Industry (1999): Liberalisation of the Electricity Supply Industry – Evaluation of Reform Policies, CRIEPI Report, Paris.

CSD (1996): United Nations Commission on Sustainable Development: Indicators of Sustainable Development – Framework and Methodologies. New York 1996.

Diefenbacher, H., Karcher, H., Stahmer, C., Teichert, V. (1997): Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung im regionalen Bereich – ein System von ökologischen, ökonomischen und sozialen Indikatoren, Heidelberg.

DLR [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.], **Wuppertal Institut, ZSW** [Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg], **IWR** [Internationales Forum für Regenerative Energien], **FORUM** [Münster Forum für Zukunftsenergien e.V.] **(2000):** Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, Gutachten im Auftrag des UBA.

DIW u.a. - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Forschungszentrum Jülich/Programmgruppen STE und TFF; Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Öko-Institut: Politikszenarien für den Klimaschutz – II. Berlin, Jülich, Karlsruhe 1999.

EEA [European Environment Agency] (1999): Environment in the European Union at the turn of the century: Summary, Paris.

EIA - Energy Information Administration: International Energy Outlook 2001. Washington 2001.

Eichelbronner, M., Henssen, H. (1998): Langfristige Aspekte der Energieversorgung – Ergebnisse eines Diskussionsprozesses, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 8, S. 496-500.

Endres, A., Radke, V. (1998): Indikatoren einer nachhaltigen Entwicklung – Elemente ihrer wirtschaftstheoretischen Fundierung, Berlin.

Enquete-Kommission/Deutscher Bundestag (1995): Mehr Zukunft für die Erde, Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz, Schlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages, Bonn.

Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (1990): Studienprogramm, Band 2, Bonn.

Enquete-Kommission/Deutscher Bundestag (1994): Die Industriegesellschaft gestalten, Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialflüssen, Bericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Bundestages, Bonn.

Enquete-Kommission/Deutscher Bundestag (1997): Konzept Nachhaltigkeit, Fundamente für die Gesellschaft von morgen, Zwischenbericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung des 13. Deutschen Bundestages, Bonn.

Enquete-Kommission/Deutscher Bundestag (2002): Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung. Angaben zum Referenzszenario gemäss WI/DLR 2002.

Erdmann, G. (1999): Wettbewerb als Chance für „grünen“ Strom, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 6, S. 400-403.

EU (1999) - Europäische Kommission / DG Energie: European Energy Outlook to 2020. Brüssel 1999.

EU (2000): Grünbuch: Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit, Brüssel.

Eurostat (1997): Indicators of Sustainable Development – A pilot study following the methodology of the United Nations Commission on Sustainable Development, Luxemburg.

FAO (1996): Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action, Rom.

FfE: FfE München, Internetdienst (<http://www.ffe.de>)

Forum für Klima und Global Change/Schweizerische Akademie für Naturwissenschaften (Hrsg.): Zweiter umfassender IPCC-Bericht, Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger und Synthesebericht. Bern 1996.

Forum für Zukunftsenergien (1997): Langfristige Aspekte der Energieversorgung – Folgerungen und Kriterien für die Energiepolitik heute, Bonn.

Forum Umwelt und Entwicklung (1997): Wie zukunftsfähig ist Deutschland? Entwurf eines alternativen Indikatorensystems – Werkstattbericht des Arbeitskreises „Indikatoren“ des Forums Umwelt und Entwicklung, Bonn.

Friedrich, R., Krewitt, W. (1998): Externe Kosten der Stromerzeugung, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 12, S. 789-794.

Friends of the Earth Europe (1994a): Towards Sustainable Europe - The Study, Amsterdam.

Friends of the Earth Netherlands (1994b): Sustainable Netherlands - Aktionsplan für eine nachhaltige Entwicklung der Niederlande, Amsterdam.

Friends of the Earth Österreich (1994c): Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung in Österreich, Wien/Nestelbach.

Hofer, P., Scheelhaase, J., Wolff, H. (1998): Nachhaltige Entwicklung im Energiesektor? Erste deutsche Branchenanalyse zum Leitbild von Rio, Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Heidelberg.

Holmberg, J. (1995): Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability, Göteborg.

IEA - International Energy Agency: World Energy Outlook 2000. Paris 2000.

IIASA (1995): Global energy perspectives to 2050 and beyond, Working paper 95-127, Laxenburg.

IIASA/WECC - International Institute for Applied Systems Analysis / World Energy Council: Global Energy Perspectives. Laxenburg 1998.

Infras AG (1995): Quantitative Aspekte einer zukunftsfähigen Schweiz, Arbeitsbericht, Zürich.

IPCC (1996) Siehe Literaturangabe: Forum für Klima und Global Change/Schweizerische Akademie für Naturwissenschaften (Hrsg.)

ISI (2001) Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Potenziale aktueller und zukünftiger europäischer Stromexportländer für den Stromexport in die Bundesrepublik Deutschland sowie zukünftige Potenziale für den Stromexport aus der Bundesrepublik Deutschland in diese Länder (Entwurf des Endberichtes). Karlsruhe 2001.

Jänicke, Martin; Jörgens, Helge (2000 forthcoming): Umweltplanung im internationalen Vergleich: Strategien der Nachhaltigkeit; Springer, Heidelberg.

Kanatschnig, D. (1995): Umsetzung von Nachhaltigkeit auf Landesebene, Linz.

Kerner, H. F. (1998): Auswahl von Indikatoren der Funktionalität von Ökosystemen und Ökosystemkomplexen im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR), Band 4 der Schriftenreihe „Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“, Wiesbaden.

Kohlenstatistik - Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.: Statistikan-
gebot im Internet unter <http://www.kohlenstatistik.de>. Tabelle:
Bruttostromerzeugung aller Kraftwerke – Bundesgebiet insgesamt,
Stand: 02/2001.

Krach, W.J. (1992): Probleme bei der Umsetzung der Wärmenut-
zungsverordnung. In: VDI Berichte 976 (Tagungsband): Wärme-
nutzung - Chancen und Risiken durch Wärmenutzungsverordnung
und CO₂-Minderungsziele. Düsseldorf 1992.

Landesumweltprogramm Oberösterreich (1995): Durch nach-
haltige Entwicklung Zukunft sichern – Landesumweltprogramm für
Oberösterreich, herausgegeben von der Umweltakademie beim
Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Langniß, O., Luther, J., Nitsch, J., Wiemken (1997): E., Strate-
gien für eine nachhaltige Energieversorgung - Ein solares Lang-
fristszenario für Deutschland, Stuttgart und Freiburg.

Malley, J. (1996): Indikatoren für nachhaltiges Wirtschaften, in:
Spektrum der Wissenschaft, Mai 1996, S. 105-113.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. (1992): Die neuen
Grenzen des Wachstums, Stuttgart.

Meadows, D. L. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums,
Stuttgart.

**National Environment Plan (NEPP 1 und 2) (1989 und 1994),
herausgegeben vom Ministry of Housing:** Spatial Planning and
The Environment, Den Haag.

Niederländischer Rat für Umweltfragen (1994) Siehe
Literaturquelle: Weterings, Rob; Opschoor, Johannes B.

Oberösterreichische Umweltakademie (1995) (Hrsg.): Durch
eine nachhaltige Entwicklung die Zukunft sichern - Landesumwelt-
programm für Oberösterreich, Linz.

OECD (1994): Environmental Indicators – OECD Core Set, Paris.

OECD (1997): Sustainable Development – OECD Policy
Approaches for the 21st Century, Paris.

OECD (1998): Towards Sustainable Development – Environmen-
tal Indicators, Paris.

Öko-Institut (1995): Umweltziele statt Last Minute-Umweltschutz,
Nationale und internationale stoffbezogene Zielvorgaben, Freiburg.

Öko-Institut (1996): Das Energiewende-Szenario 2020 – Ausstieg aus der Atomenergie, Einstieg in Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung, Freiburg.

Öko-Institut (1998): Green Pricing – Welchen Beitrag können freiwillige Zahlungen von Stromkunden zur Förderung regenerativer Energien leisten? Freiburg.

Öko-Institut (1999): Soziale und ökonomische Nachhaltigkeitsindikatoren, Freiburg.

Öko-Institut (2000) - Institut für Angewandte Ökologie e.V.: Energiewende 2020 – Der Weg in eine zukunftsfähige Energiewirtschaft. Berlin 2000.

Öko-Institut/Hans Böckler Stiftung (1999): Nachhaltige Entwicklung von Unternehmen, Darmstadt.

Prognos (1999-A): PVC und Nachhaltigkeit – Systemstabilität als Maßstab, ausgewählte Produktsysteme im Vergleich, herausgegeben von der Steuerungsgruppe zum „Dialogprojekt PVC und Nachhaltigkeit“ und der Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e. V., Köln.

Prognos (1999-B): Interdependenzen von Steinkohlenbergbau und Wirtschaftsstruktur im Ruhrrevier. Basel/Berlin 1999.

Prognos/EWI (2000): Prognos AG; Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln: Energiereport III - Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt. Basel 1999. Schäffer-Poeschel-Verlag, Stuttgart 2000.

Prognos/BEI/EWI

Energiepolitische und gesamtwirtschaftliche Bewertung eines 40%-Reduktionszenarios. Basel 2000.

Radermacher, W., Zieschank, R., Hoffmann-Kroll, R., van Nouhuys, J., Schäfer, D., Seibel, S. (1998): Entwicklung eines Indikatorensystems für den Zustand der Umwelt in der Bundesrepublik Deutschland mit Praxistests für ausgewählte Indikatoren und Bezugsräume, Band 5 der Schriftenreihe „Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“, Wiesbaden.

Sachs, W., Loske, R., Linz, M. (1998): Greening the North – A Post-Industrial Blueprint for Ecology and Equity, Basel.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (1994): Umweltgutachten 1994: Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung, Stuttgart 1994.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (1996a): Konzepte einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume, Sondergutachten, Stuttgart 1996.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (1996b): Umweltgutachten 1996: Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung, Stuttgart 1996.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (1998): Umweltschutz: Erreichtes sichern – neue Wege gehen, Umweltgutachten 1998, Stuttgart 1998.

Scheelhaase, J. (1999): Mehr Arbeitsplätze durch ökologisches Wirtschaften? Eine Untersuchung für Deutschland, die Schweiz und Österreich, eine Studie der Prognos AG im Auftrag von Greenpeace, Amsterdam, Hamburg, Zürich und Wien.

Schmidt, D. (1998): Stranded Costs und Liberalisierung, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 3, S. 143-148.

Schmidt, H. (1989): Rekommunalisierung der Stromversorgung – Ökonomische, umwelt- und regionalpolitische Auswirkungen des Wechsels in der Versorgungszuständigkeit, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, Nr. 4, S. 256-264.

Schwarz, J., Glausinger, W.: (1998): Wettbewerb und Sicherheit im deutschen Verbundnetz, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 10, S. 618-620.

Spangenberg, J. H., Bonniot, O. (1998): Sustainability Indicators – A Compass on the Road Towards Sustainability, Wuppertal Papers Nr. 81, Februar 1998.

SRU [Rat von Sachverständigen für Umweltfragen] (1998): Umweltgutachten 1998, Wiesbaden.

Steeg, H. (1999): Versorgungssicherheit in liberalisierten Energiemärkten, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 3, S. 118-123.

Umweltbundesamt (1997): Nachhaltiges Deutschland, Wege zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung, Berlin 1997.

Umweltbundesamt (2000)/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Umweltbewusstsein in Deutschland 2000. Berlin 2000.

Umweltbundesamt (2002): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2002.

UNCSD [United Nations Commission on Sustainable Development] (1996): Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, New York.

VDEW 2002 – Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.: Pressemitteilung zu den Stromkosten eines Drei-Personen-Musterhaushaltes. Frankfurt am Main, 29.04.2002.

VIK 2001 – Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.: Tätigkeitsbericht 2000/2001. Essen 2001.

Von Hauff, M. (Hrsg.) (1998): Zukunftsfähige Wirtschaft – ökologie- und sozialverträgliche Konzepte, Regensburg.

Weterings, Rob; Opschoor, Johannes B.: Towards Environmental Performance Indicators based on the Nation of Environmental Space. Report to the Advisory Council for Research on Nature and Environment the Netherlands. Rijswijk 1994.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (1996): Welt im Wandel - Wege zur Lösung globaler Umweltprobleme, Jahresgutachten 1995, Heidelberg.

WI/DLR (2002) – Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.: Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland. Entwurf des Endberichtes vom April 2002. Wuppertal/Stuttgart 2002. Ergebnisse auch veröffentlicht in Literaturquelle Umweltbundesamt (2002).

WI/Öko-Institut 1999 - Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH; Institut für Angewandte Ökologie e.V.: Bewertung eines Ausstiegs aus der Kernenergie aus klimapolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht. Wuppertal, Bremen, Freiburg, Berlin 1999.

WI/Öko-Institut 2001 - Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH; Institut für Angewandte Ökologie e.V.: Bewertung eines Ausstiegs aus der Kernenergie aus klimapolitischer und volkswirtschaftlicher Sicht (überarbeitete Zusammenfassung). Wuppertal, Freiburg, Berlin 2001.

World Resources Institute (1995): Environmental Indicators: A systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development, New York 1995.

World Resources Institute, United Nations Environment Programme, United Nations Development Programme, World Bank (1998): World Resources 1998-99 – Environmental Change and Human Health, Oxford und New York.

Wuppertal-Institut/BUND und Misereor (Hrsg.) (1995):

Zukunftsfähiges Deutschland - Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung, Endbericht, Wuppertal 1995.

WWF (1994): Die Umsetzung der Agenda 21: Indikatoren für eine tragfähige Zukunft und eine nachhaltige Entwicklung, Frankfurt

A n h a n g 1

Erhebungsunterlagen für die Expertenbefragung

Projekt: Perspektiven für Strom in einer nachhaltigen Entwicklung

Auftraggeber: Umweltbundesamt, Berlin

Expertenbefragung

- 1. Kurzinformationen zum Projekt**
- 2. Erläuterungen zum Bewertungsverfahren**

Anlagen

- **Bewertung von Stromnutzungstechnologien (Bewertungslisten)**
- **Bewertung von Stromerzeugungstechnologien (Bewertungslisten)**
- **Telefax-Antwortvordruck**

Prognos AG
Dovestraße 2-4
10587 Berlin
Tel. 0 30 / 39 92 28 00
Fax 0 30 / 39 92 28 01

Ansprechpartner:
Werner Bohnenschäfer
Tel. 0 30 / 39 92 28 41

1. Kurzinformationen zum Projekt

(1) Das Forschungsvorhaben untergliedert sich in drei **Arbeitspakete**:

- Entwicklung von Grundsätzen, Kriterien und Leitlinien sowie eines Bewertungsportfolios für eine nachhaltige Stromerzeugung und –nutzung.
- Analyse der Hemmnisse, die einer nachhaltigen Stromnutzung entgegenstehen.
- Entwicklung eines nachhaltigen Stromszenarios und darauf aufbauend technikbezogener langfristiger Visionen einer nachhaltigen Stromnutzung.

(2) Die **Bewertung** von Stromnutzungs- und –erzeugungstechnologien auf ihre Nachhaltigkeit erfordert einerseits die Berücksichtigung der vielfältigen Einflussgrößen und andererseits ein praktikables und nachvollziehbares Verfahren, so dass die Bewertungsergebnisse eine breite Akzeptanz finden.

Es ist daher vorgesehen, dass die Nachhaltigkeitsbewertung der mit dem Umweltbundesamt gemeinsam ausgewählten Technologien nicht durch die Prognos AG alleine erfolgt, sondern weitere Personen bzw. Institutionen in die Bewertung mittels einer **Expertenbefragung** einbezogen werden.

(3) Für die **Auswahl der einzubeziehenden Experten** wurde als Grundbedingung eine Unabhängigkeit von Produkt- bzw. Technikinteressen vorausgesetzt. Die Einbeziehung von Anlagenherstellern in die Expertenbefragung wurde somit ausgeschlossen. Folgende Institutionen sind in die Expertenbefragung einbezogen:

- Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., Stuttgart
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin
- Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln
- Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.)
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig
- Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart
- Öko-Institut e. V., Freiburg
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal

2. Erläuterungen zum Bewertungsverfahren

(1) Die **Prüfkriterien** (vgl. Auflistung in den Bewertungslisten) wurden nach den Bereichen **Ökologie, Ökonomie und Soziales** differenziert. Diese Unterscheidung hatte im wesentlichen arbeits-systematische Gründe. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine solche Differenzierung in Teilen problematisch ist, weil sie den charakteristischen **Wechselwirkungen** zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft nicht immer gerecht wird (so führen beispielsweise steigende CO₂-Emissionen zu Klimaveränderungen, die wiederum potenziell ökonomische und ökologische Schäden hervorrufen). Auch ist eine eindeutige Trennung zwischen ökonomischen oder sozialen Kriterien nicht immer möglich.

Bei der **Verteilung der Prüfkriterien** entfällt auf die ökologischen und ökonomischen Kriterien eine annähernd gleiche Anzahl, während nur relativ wenige soziale Prüfkriterien ausgewählt wurden. Dies hat seine Ursache – wie bereits zuvor dargestellt – vor allem in der starken Überschneidung bei den ökonomischen und sozialen Prüfkriterien. So haben in der Regel alle preisrelevanten Auswirkungen, die den ökonomischen Prüfkriterien zugeordnet wurden, auch soziale Auswirkungen. Um eine Doppelbewertung zu vermeiden, wurde ein Prüfkriterium jedoch nur einmal einer „Obergruppe“ zugeordnet. Für die spätere Ergebnisübersicht bietet sich daher eine Zusammenfassung der ökonomischen und sozialen Bewertung an.

(2) Die in die Bewertung einbezogenen **Technologien** wurden in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt anhand folgender Fragen ausgewählt:

- Stromnutzungstechnologien
 - Wo sind heute und künftig die Anwendungsschwerpunkte?
 - Wo bieten sich sinnvolle Alternativen an, die bereits heute und künftig zur Verfügung stehen?
- Stromerzeugungstechnologien
 - Welches Kraftwerk würde künftig gebaut und könnte den Vergleichsmaßstab darstellen?
 - Welche sinnvollen Alternativen stehen bereits heute und künftig für die Stromerzeugung zur Verfügung?

Die ausgewählten Technologien sind jeweils vor den Bewertungslisten im Überblick dargestellt.

(3) Für die Expertenbefragung wurden **Bewertungslisten** erstellt, die die ausgewählten Stromnutzungs- und -erzeugungstechnologien, die jeweiligen Alternativtechnologien und Prüfkriterien beinhaltet.

Es soll eine **qualitative Bewertung** nach dem Muster

- deutlich vorteilhafter (+ +),
- vorteilhafter (+),
- keine relevanten Vor- und Nachteile (○),
- ungünstiger (-),
- deutlich ungünstiger (- -),
- keine klare Bewertung möglich (●) ²⁶

im Vergleich zur Alternativtechnologie durchgeführt werden.

Ist von einem Experten zum Beispiel aufgrund fehlender Fachkenntnis zu einer Technologie oder einem Prüfkriterium keine Antwort möglich, ist **keine Eintragung** vorzunehmen.

Um die **zeitliche Dimension** in der Bewertung zu berücksichtigen, soll ein langfristiger Zeitraum (bis 2020) und ein sehr langfristiger Zeitraum (bis 2050) für jede Technologie bewertet werden.

Bei der Bewertung der Technologien sollen die vorgelagerten Prozessketten berücksichtigt werden.

Auf der nachfolgenden Seite ist ein fiktives **Bewertungsbeispiel** mit Erläuterungen dargestellt, das als Hilfestellung für die qualitative Bewertung gedacht ist.

(4) Die **Auswertung der Expertenbefragung** erfolgt anonym unter Wahrung des Datenschutzes.

Wir gehen davon aus, dass das **Bewertungsergebnis** nicht die Identifizierung einer absolut nachhaltigen Stromtechnologie sein wird, die bei allen Prüfkriterien „100 %“ erreicht. Diese Technologie wird es wahrscheinlich nicht geben. Vielmehr wird für die jeweilige Stromtechnologie das Bewertungsergebnis dahingehend eine

²⁶ Eine „klare“ Bewertung kann zum Beispiel ausscheiden, weil die wissenschaftlichen Erkenntnisse widersprüchlich sind oder insbesondere bei einem längerfristigen Zeithorizont aus heutiger Sicht keine Bewertung möglich erscheint.

Aussage liefern, ob diese Technologie bessere oder schlechtere Systemqualitäten als die Vergleichstechnologie besitzt und sich diese Systemqualitäten im Zeitablauf ändern.

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von GuD-Kraftwerk Erdgas		Fiktives Bewertungsbeispiel
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ☐ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ☒ keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zum Braunkohle-kraftwerk</i> Bewertungszeitraum		Die dargestellte Bewertung wurde nicht nach sachlichen Kriterien vorgenommen, sondern ist nur beispielhaft und dient als Orientierungshilfe.
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	Erläuterungen
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	++	+	GuD-Kraftwerk ist anfänglich deutlich vorteilhafter und langfristig nur vorteilhafter
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	+	○	GuD-Kraftwerk hat langfristig keine Vorteile, da Innovationen im Anlagenbau bei Braunkohlekraftwerken nicht mehr Aufwand erfordern
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	+	○	
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	○	○	GuD-Kraftwerk hat keine relevanten Vor- und Nachteile
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	+	+	GuD-Kraftwerk ist vorteilhafter
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabrieb)	+	+	
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	+	○	Durch innovativen Anlagenbau langfristig keine Vorteile für GuD-Kraftwerk
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	+	+	GuD-Kraftwerk ist vorteilhafter
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	+	+	
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	++	○	Durch innovativen Anlagenbau langfristig keine Vorteile für GuD-Kraftwerk
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-	--	GuD-Kraftwerk ist ungünstiger und wird langfristig deutlich ungünstiger
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	●	-	Risiken werden kurz bis mittelfristigen nicht gesehen, sind aber auch nicht ausgeschlossen. Risiken für GuD-Kraftwerke werden langfristig ungünstig.
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	●	-	
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	-	--	GuD-Kraftwerk ist im Vergleich zum heimischen Energieträger Braunkohle ungünstiger und wird langfristig deutlich ungünstiger
	Abhängigkeit von Energieimporten	-	--	
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)			Kein Eintrag, da hierzu kein ausreichendes Fachwissen vorhanden
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	+	○	Bessere Position des GuD-Kraftwerkes wird langfristig durch Nachfrageänderung bei Kraftwerkstechnik ausgeglichen
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	-	-	GuD-Kraftwerk ist ungünstiger
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	--	--	GuD-Kraftwerk ist deutlich ungünstiger
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	+	○	Zunehmende Risiken der Versorgungssicherheit führen zum Ausgleich der Akzeptanz bei Kraftwerkstechnologien
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	+	○	

Bewertung von Stromnutzungstechnologien (3 Bewertungslisten)

Folgende Stromnutzungstechnologien sind im **Vergleich zu den jeweils angegebenen Alternativtechnologien** zu bewerten:

- **Stromspeicherheizung** im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas
- **Elektrische Wärmepumpe** unter der Annahme einer Arbeitszahl von 4 im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas
- **Elektrische Direktheizung** zur kurzzeitigen Anwendung im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas
- **Elektrische Warmwasserbereitung** (Durchlauferhitzer, Warmwasserboiler) im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung mit Erdgas
- **Elektrische Kälteerzeugung** (Kompressionskälteanlagen) im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanlagen)
- **Stromeinsatz beim schienengebundenen Verkehr** im Vergleich zum Transport mit Pkw und Lkw (Otto-/Dieselmotor)
- **Einsatz herkömmlicher Batterien** im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen (Laptop, Mobiltelefon, Camcorder usw.)

Bewertung von Stromnutzungstechnologien		Bewertung von Stromspeicher- heizung		Bewertung von Elektrischer Wärmepumpe		Bewertung von Elektrischer Direktheizung (kurzzeitige Nutzung)	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ☐ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ☒ keine klare Bewertung möglich		im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)		im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)		im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)						
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung						
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb						
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)						
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb						
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage						
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System						
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)						
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)						
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven						
	Abhängigkeit von Energieimporten						
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)						
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)						
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung						
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb						
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft						
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)						

Bewertung von Stromnutzungstechnologien		Bewertung von Elektrischer Warmwasserbereitung (Durchlauferhitzer, Warmwasserboiler)		Bewertung von Elektrischer Kälteerzeugung (Kompressionskälteanlagen)	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ○ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ● keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zur zentralen Warmwasserbereitung Erdgas (Brennwertkes.)</i>		<i>im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanl.)</i>	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)				
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung				
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb				
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabrieb)				
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb				
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage				
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System				
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)				
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)				
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven				
	Abhängigkeit von Energieimporten				
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)				
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)				
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung				
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb				
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft				
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)				

Bewertung von Stromnutzungstechnologien		Bewertung von Stromeinsatz im schienengebundenen Verkehr		Bewertung von Einsatz aufladbarer Akkumulatoren	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ○ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ● keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zum Transport mittels PkW und LkW (Otto-/Dieselmotor)</i> Bewertungszeitraum		<i>im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen-Speichersystemen</i> Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)				
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung				
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb				
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)				
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb				
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage				
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System				
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)				
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)				
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven				
	Abhängigkeit von Energieimporten				
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)				
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)				
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung				
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb				
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft				
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)				

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien (6 Bewertungslisten)

Folgende Stromerzeugungstechnologien sind im **Vergleich zu einem GuD-Kraftwerk mit Erdgas** zu bewerten:

- **Neues Braunkohlekraftwerk**
- **Windkraftanlagen** mit der Aufteilung nach
 - Binnenland-/Küsten-Standorten
 - Offshore-Standorten
- (Klein-) **Wasserkraftanlagen**
- **Photovoltaikanlagen** für Dach/Fassade (Kleinanlagen)
- **Klärgas-Verstromungsanlagen**
- **Biogas-Verstromungsanlagen**
- **Holzvergasungsanlagen** mit der Aufteilung nach
 - Alt-/Bauholz
 - Waldholz
- **Müllverbrennungsanlagen**
- **Kohlevergasungsanlagen**
- **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** mit Erdgas, speziell dezentrale BHKW für Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte
- **Mikroturbinen** mit Erdgas
- **Mikro Stirling Motoren** mit Erdgas
- **Brennstoffzellen** mit Erdgas für die dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung, speziell für Kleinverbraucher und Haushalte
- **Erdgas-Entspannungsleitung(en)**, Stromerzeugung aus Erdgas-Expansion

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von Braunkohle- kraftwerk		Bewertung von Windkraftanlagen Binnenland/Küste		Bewertung von Windkraftanlagen Offshore	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ○ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ● keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)						
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung						
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb						
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)						
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb						
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage						
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System						
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)						
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)						
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven						
	Abhängigkeit von Energieimporten						
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)						
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)						
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung						
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb						
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft						
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)						

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von (Klein-) Wasser- kraftanlagen		Bewertung von Photovoltaik- anlagen (Kleinanlage)	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ☐ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ☒ keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)				
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung				
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb				
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)				
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb				
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage				
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System				
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)				
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)				
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven				
	Abhängigkeit von Energieimporten				
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)				
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)				
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung				
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb				
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft				
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)				

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von Biogas- Verstromung		Bewertung von Holzvergasung Alt-/Bauholz		Bewertung von Holzvergasung Waldholz	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ☐ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ☒ keine klare Bewertung möglich		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)						
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung						
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb						
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)						
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb						
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage						
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System						
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)						
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)						
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven						
	Abhängigkeit von Energieimporten						
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)						
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)						
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung						
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb						
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft						
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)						

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von Müllverbrennungsanlagen		Bewertung von Kohlevergasungsanlagen		Bewertung von KWK-Anlagen (Erdgas, dezentrale BHKW für Ind., KV, HH)	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ○ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ● keine klare Bewertung möglich		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung						
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)						
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung						
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb						
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)						
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb						
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage						
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System						
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)						
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)						
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)						
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven						
	Abhängigkeit von Energieimporten						
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)						
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)						
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung						
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb						
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft						
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)						

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von Mikroturbinen mit Erdgas		Bewertung von Mikro Stirling Motoren mit Erdgas	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ☐ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ☒ keine klare Bewertung möglich		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		<i>im Vergleich zum</i> GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)	
		Bewertungszeitraum		Bewertungszeitraum	
		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)				
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung				
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb				
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)				
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb				
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage				
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System				
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)				
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)				
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven				
	Abhängigkeit von Energieimporten				
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)				
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)				
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung				
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb				
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft				
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)				

Bewertung von Stromerzeugungstechnologien		Bewertung von Brennstoffzellen (Erdgas, dezentral für KV und HH) im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb) Bewertungszeitraum		Bewertung von Erdgas-Entspannungsleitungen (Erdgas-Expansion) im Vergleich zum GuD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb) Bewertungszeitraum	
++/+ deutlich vorteilhafter / vorteilhafter ○ keine relevanten Vor- und Nachteile im Vergleich zur Alternativtechnologie -- / - deutlich ungünstiger / ungünstiger ● keine klare Bewertung möglich		bis 2020	nach 2020 bis 2050	bis 2020	nach 2020 bis 2050
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung				
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)				
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung				
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb				
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)				
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb				
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage				
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System				
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)				
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)				
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)				
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven				
	Abhängigkeit von Energieimporten				
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)				
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)				
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung				
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb				
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft				
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)				

A n h a n g 2

Bewertungsergebnisse für Stromnutzungstechnologien

Bewertung der Stromspeicherheizung im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)		Bewertungsergebnisse						Bewertungsergebnisse					
		Bis 2020						Nach 2020 bis 2050					
		Einzelergebnisse					Mittelwert	Einzelergebnisse					Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	-2	-2	-2	-1	-1,6	-1	-1	-2	-1	-1	-1,2
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	0	-1	1	0,0	0	0	-1	0	1	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	0	-1	1	0,0	0	0	-1	0	1	0,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	K	0,0	0	0	K	0	K	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	1	1	1	0	0	0,6	1	1	K	1	0	0,8
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	-1	0	-1	0	-0,4	0	0	K	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	-1	0	-1	0	-0,4	0	0	-1	-1	0	-0,4
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	-2		0	0	-0,8		-1	0	-2	0	-0,8
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-1	1	1	2	0,4	1	0	1	-2	-2	-0,4
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	1	-1	0	-2	-0,6	-1	-1	K	K	-1	-1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	0	1	0	1	0,6	2	1	K	0	2	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	-1	1	0	1	0,4	1	1	K	-2	1	0,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	-1	1	1	1	0,6	1	1	K	-2	1	0,3
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	0	2	1	1	1,2	2	1	K	0	2	1,3
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	2	K	0	0	0,5	K	0	0	2	0	0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	2	K	0	0	0,5	K	0	0	1	0	0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	-1	0	0	-1	-0,4	0	0	K	-1	-1	-0,5
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-1	-1	0	-1	-1	-0,8	0	-1	-1	-2	-1	-1,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	-1	0	0	-1	-0,4	0	0	0	-1	-1	-0,4
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,1	-0,6	-0,1	-0,7	0,1	-0,3	0,0	-0,1	-0,8	-0,3	0,1	-0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,2	-0,1	0,5	0,2	0,1	0,2	0,6	0,2	0,0	-0,6	0,0	0,0
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-1,0	-5,0	-1,0	-6,0	1,0	-2,6	0,0	-1,0	-5,0	-3,0	1,0	-1,6
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	-1,0	5,0	2,0	1,0	2,0	6,0	2,0	0,0	-7,0	0,0	0,5
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		0,5	-5,8	2,8	-4,5	1,8	-1,1	4,5	0,5	-5,0	-8,3	1,0	-1,3

prognos 2002

Legende: Die Stromumwandlungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung der Elektrischer Wärmepumpe im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)		Bewertungsergebnisse						Bewertungsergebnisse					
		Bis 2020						Nach 2020 bis 2050					
		Einzelergebnisse					Mittelwert	Einzelergebnisse					Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	1	0	0	0	-1	0,0	0	1	1	1	K	0,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	1	0	-1	0,0	0	1	0	0	K	0,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	0	0	-1	-0,2	0	0	0	0	K	0,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	K	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	1	0	1	1	0	0,6	1	1	1	0	K	0,8
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabrieb)	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	K	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System		0	-1	0	0	-0,3	0	-1		0	0	-0,3
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-2	-2	-1	-1	-1,4	-1	-1	-1	-1	K	-1,0
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	0	K	1	0	-1	0,0	0	1	2	0	K	0,8
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	1	0	1	1	0,8	1	0	1	2	K	1,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	1	-1	1	1	0,6	1	-1	1	2	K	0,8
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1	-1	1	1	0,6	1	-1	1	2	K	0,8
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	1	0	2	1	1,2	2	0	2	2	K	1,5
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	K	2	0	1	0	0,8	0	0	K	1	0	0,3
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	K	2	0	0	0	0,5	0	0	K	1	0	0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	K	1	-1	0,5	1	K	1	0	K	0,7
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	1	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	0	0		-1	-0,3	0	1	0	0	0	0,2
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	-1	-1	0	0	-0,4	0	-1	0	-1	0	-0,4
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,3	0,0	0,1	0,1	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,5	0,6	-0,4	0,5	0,0	0,3	0,4	-0,2	0,7	0,7	0,0	0,4
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	0,0	1,0	1,0	-3,0	0,2	1,0	2,0	2,0	1,0	0,0	1,5
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		5,0	7,0	-4,0	6,0	0,0	3,1	5,0	-2,0	7,0	8,0	0,0	4,7
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		5,8	5,3	-2,0	5,5	-3,0	2,5	4,8	0,5	7,3	7,0	0,0	5,0

prognos 2002

Legende: Die Stromumwandlungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung der Elektrischer Direktheizung (kurzzeitige Nutzung) im Vergleich zur Zentralheizung mit Erdgas (Brennwertkes.)		Bewertungsergebnisse						Bewertungsergebnisse					
		Bis 2020						Nach 2020 bis 2050					
		Einzelergebnisse					Mittelwert	Einzelergebnisse					Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	-2	-2	0	-2	-1,4	-2	1	-1	-2	-1	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	-1	K	1	0	0,0	K	1	0	-1	0	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	-1	K	1	0	0,0	K	1	0	-1	0	0,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	K	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	1	0	-1	0	1	0,2	-1	0	1	K	1	0,3
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabrieb)	0	0		0	0	0,0		0	0	K	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	-1	0	0	0	-0,2	0	0	0	-1	0	-0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	0	-1	0	0	-0,2	-1	0	0	0	0	-0,2
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	0	-1	0		-0,5	-1	0		0	-1	-0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	1	1	1	1	0,6	1	1	1	1	-1	0,6
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-2	-1	-2	-2	-1,6	-1	-1	-1	K	-1	-1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	0	0	1	1	0,6	0	2	2	K	1	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	0	-1	1	1	0,4	-1	2	1	K	1	0,8
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1	-1	1	1	0,6	-1	2	1	K	1	0,8
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	1	0	1	2	1,2	0	2	2	K	1	1,3
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	0	-2	0	K	-0,5	-2	0	K	0	0	-0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	0	-2	0	K	-0,5	-2	0	K	0	0	-0,5
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	-1	-1	-2	0	-0,8	-1	-1	0	K	0	-0,5
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	0	-1	-1	0	-0,4	-1	-1	0	0	0	-0,4
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-1	-1	-2	-1	0	-1,0	-2	-1	0	-1	-1	-1,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	0	-1	-1	0	-0,4	-1	-1	0	0	0	-0,4
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,1	-0,6	-0,8	0,2	-0,1	-0,2	-0,8	0,3	0,0	-0,8	-0,1	-0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,2	-0,1	-0,9	-0,2	0,4	-0,1	-0,9	0,3	0,6	0,0	0,1	0,0
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-1,0	-5,0	-5,0	2,0	-1,0	-2,1	-5,0	3,0	0,0	-5,0	-1,0	-1,7
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	-1,0	-11,0	-2,0	4,0	-1,8	-11,0	4,0	6,0	0,0	1,0	0,3
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		0,5	-5,8	-13,3	0,5	2,0	-3,5	-13,3	6,0	4,5	-5,0	-0,3	-1,4

prognos 2002

Legende: Die Stromumzuteilungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Elektrischer Warmwasserbereitung im Vergleich zur Zentralen Warmwasserbereitung mit Erdgas (Brennwertkes.)		Bewertungsergebnisse						Bewertungsergebnisse					
		Bis 2020						Nach 2020 bis 2050					
		Einzelergebnisse					Mittelwert	Einzelergebnisse					Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	-1	-1	-2	-1	-1,2	-1	-1	K	-1	-1	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	-2	0	-1	-0,6	0	0	K	0	-1	-0,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	-2	0	-1	-0,6	0	0	K	0	-1	-0,3
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0	0,0	0	0	K	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	1	0	0	1	0	0,4	1	0	K	1	0	0,5
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabrieb)	0	0	0	0	0	0,0	0	0	K	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	K	0	0	0	0,0	0	K	0	0	0	0,0
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	-1	K	0	0	-1	-0,5	-1	K	0	0	-1	-0,5
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1		0	-2	0	-0,8	-1		0	-1	0	-0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	1	1	1	1	0,6	-1	1	0	1	1	0,4
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-1	0	1	-1	-0,4	-1	-1	K	K	-1	-1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	2	0	0	1	0,8	1	2	K	0	2	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	2	0	-1	1	0,6	1	2	K	-1	2	1,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	2	1	-1	1	0,8	1	2	K	-1	2	1,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	1	1	1	0	1	0,8	1	1	K	0	2	1,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0		0	-1	0	-0,3	0		0	-2	0	-0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)		0	0	1	0	0,3		0	0	1	0	0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	1	0,2	0	0	K	0	1	0,3
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	0	0	-1	0	-0,2	0	0	0	-2	0	-0,4
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	0	0	-1	0	-0,2	0	0	0	-1	0	-0,2
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,2	-0,2	-0,6	-0,3	-0,4	-0,4	-0,2	-0,2	0,0	-0,1	-0,4	-0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,2	0,6	0,3	-0,2	0,4	0,3	0,2	0,6	0,0	-0,5	0,8	0,3
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-2,0	-1,0	-5,0	-3,0	-4,0	-3,3	-2,0	-1,0	0,0	-1,0	-4,0	-2,0
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	7,0	3,0	-2,0	5,0	3,0	2,0	7,0	0,0	-5,0	9,0	3,1
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-0,5	4,3	-2,8	-4,5	-0,3	-1,0	-0,5	4,3	0,0	-4,8	2,8	0,3

prognos 2002

Legende: Die Stromumzuteilungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Elektrischer Kälteerzeugung im Vergleich zur Kälteerzeugung mit Fernwärme (Absorptionskälteanlage)		Bewertungsergebnisse				Bewertungsergebnisse			
		Bis 2020				Nach 2020 bis 2050			
		Einzelergebnisse			Mittelwert	Einzelergebnisse			Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1	K	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-1	0	0	-0,3	0	0	K	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1	0	0	-0,3	0	0	K	0,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0,0	0	0	K	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0,0	0	0	K	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	0	0,0	0	0	K	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	-1	K	0	-0,5	K	0	-1	-0,5
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	K	0	0,0	K	0	0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	0		-1	-0,5		-1	0	-0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	1	1	1	1,0	0	0	0	0,0
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1	K	-1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	-1	0	1	0,0	0	1	K	0,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	-1	0	1	0,0	0	1	K	0,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	0	1	0,7	0	1	K	0,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	1	0,3	0	1	K	0,5
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	1	0	0,3	0	0	0	0,0
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	1		0,5	1		0	0,5
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	-1	0	0	-0,3	0	0	K	0,0
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	0	1	0,7	0	1	K	0,5
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		-0,1	0,2	0,5	0,2	0,0	0,4	0,0	0,1
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-4,0	-1,0	-2,0	-2,7	-1,0	-2,0	-1,0	-2,0
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		-1,0	2,0	5,0	2,2	0,0	4,0	0,0	2,0
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-4,8	0,5	1,8	-1,0	-1,0	1,0	-1,0	-0,5

prognos 2002

Legende: Die Stromumzuteilungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung vom Stromeinsatz im schienengeb. Verkehr im Vergleich zum Transport mittels PKW und LKW (Otto-/ Dieselmotor)		Bewertungsergebnisse					Bewertungsergebnisse				
		Bis 2020					Nach 2020 bis 2050				
		Einzelergebnisse				Mittel- wert	Einzelergebnisse				Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	1	2	1	1,5	2	K	1	2	1,7
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	K	1	K	1	1,0	1	K	K	K	1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	1	K	1	0,7	1	K	0	K	0,5
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0,0	0	K	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	2	1	1	1	1,3	1	K	2	1	1,3
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	1	0	0	0	0,3	0	K	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	1	1	1	K	1,0	K	1	2	1	1,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	0	-1	1	0,3	1	0	1	-1	0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	1	0	1		0,7		0	1	1	0,7
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-1	-1		-1,3		0	-1	-1	-0,7
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	1	1	1	0,5	1	K	0	1	0,7
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	1	1	1	1,0	2	K	2	2	2,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	1	1	1	0,8	2	K	0	2	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1	1	1	1,0	2	K	2	2	2,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	1	1	1	1	1,0	1	1	2	2	1,5
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	-1	0	0	0	-0,3	0	0	-1	0	-0,3
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	-1	0	0	0	-0,3	0	0	0	0	0,0
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	K	1	1		1,0		K	K	1	1,0
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	2	0	1	-1	0,5	-1	0	1	1	0,3
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	0	1	0	0,5	1	K	1	1	1,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	-2	0	-1	0	-0,8	0	0	-1	-1	-0,5
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		1,0	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	0,3	0,9	0,6	0,7
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		-0,1	0,4	0,5	0,4	0,3	0,8	0,2	0,5	0,8	0,6
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		8,0	5,0	4,0	5,0	6,6	6,0	1,0	7,0	4,0	6,8
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		-1,0	5,0	6,0	4,0	3,7	8,0	1,0	5,0	10,0	8,3
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		7,3	8,8	8,5	8,0	9,3	12,0	1,8	10,8	11,5	13,0

prognos 2002

Legende: Die Stromumzuchttechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstige

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung vom Einsatz aufladbarer Akkumulatoren im Vergleich zu kleinen Brennstoffzellen- Speichersystemen		Bewertungsergebnisse					Bewertungsergebnisse				
		Bis 2020					Nach 2020 bis 2050				
		Einzelergebnisse				Mittelwert	Einzelergebnisse				Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	-2		-1	-1,3	-1	K		-2	-1,5
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	1	1	-1	0,3	0	K	-1	1	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1	1	1	-1	0,0	-1	K	-1	1	-0,3
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	-1	-1	-1	0	-0,8	-1	K	-1	-1	-1,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	-1	-1	0	-0,5	0	K	-1	-1	-0,7
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	-1	-1	-1	0	-0,8	-1	K	-1	-1	-1,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	1	0	K	0	0,3	1	0	K	0	0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	K	0	K	0	0,0	K	0	K	0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	0		0	-0,3	-1	0		0	-0,3
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	1	2	1	1	1,3	1	K	0	1	0,7
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	0	1	1	-1	0,3	0	K	0	0	0,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	0	1	0	0,5	1	K	1	0	0,7
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	K	0	1	1	0,7	K	K	1	0	0,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	K	0	1	1	0,7	K	K	1	0	0,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	-1	0	1	0	0,0	-1	K	1	0	0,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	-1	-2	-1	0	-1,0	-1	0	-1	-1	-0,8
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	-1	-1	0	0	-0,5	-1	0	-1	-1	-0,8
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	-1		0	-0,3	0	K		-1	-0,5
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	K	0		0	0,0	0	0		0	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-1	0	0	1	0,0	-1	0	0	0	-0,3
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	K	0		0	0,0	K	0		0	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,5	-0,3	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	0,0	-1,0	-0,3	-0,5
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		-0,3	-0,1	0,6	0,3	0,1	-0,2	0,0	0,2	-0,2	-0,1
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-4,0	-3,0	-1,0	-3,0	-3,1	-4,0	0,0	-5,0	-3,0	-4,5
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		-2,0	-1,0	5,0	3,0	1,5	-2,0	0,0	2,0	-2,0	0,1
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-5,5	-3,8	2,8	-0,8	-2,0	-5,5	0,0	-3,5	-4,5	-4,4

prognos 2002

Legende: Die Stromumzugesstechnologie ist im Vergleich zur Alternativstechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger
K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

A n h a n g 3

Bewertungsergebnisse für Stromerzeugungstechnologien

Bewertung von Braunkohlekraftwerk im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittel- wert	Einzelergebnisse						Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2,0	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-1,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-2	-1	-1	-1	-2	1	-1,0	1	-1	-1	-2	-1	-1	-0,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-2	-1	-1	-1	-2	1	-1,0	1	-1	-1	-2	-1	-1	-0,8
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0		0,0		0	0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	-1	-1	-1	0		-0,6		-1	0	0	-1	-1	-0,6
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	-1	-1	-1	0		-0,6		-1	0	0	-1	-1	-0,6
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	-1	0	-0,2	0	0	0	0	0	0	0,0
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	-1	-1	-1	-1	0	-1	-0,8	-1	-1	0	-1	-1	-1	-0,8
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-1,5	-2	-1	-1	-2	-1	-2	-1,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-1,7	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-1,5
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	1	1	1	1	2	1	1,2	1	2	1	1	1	1	1,2
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	2	1	1	2	1	1,3	1	2	2	1	2	2	1,7
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	2	1	1	2	2	1,3	2	2	2	0	2	2	1,7
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	2	1	1	2	2	1,3	2	1	2	0	2	2	1,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	1	2	2	2	1,8	2	2	2	2	2	2	2,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	2	0	0	1	0	K	0,6	K	1	0	2	0	0	0,6
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	-1	0	0	0	-1	-1	-0,5	-1	0	0	-1	0	0	-0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	0	1	0	2		0,8		0	1	1	0	1	0,6
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	1	0	1	1	2	1	1,0	1	1	1	1	0	1	0,8
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-2	-1	0	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1	-1	-2	-1	0	-1,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	-2	-1	0	1	0	-1	-0,5	-1	1	0	-2	-1	0	-0,5
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-1,0	-0,9	-1,0	-0,9	-0,9	-0,5	-0,9	-0,5	-0,9	-0,4	-1,0	-0,9	-1,0	-0,8
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,1	0,4	0,4	0,6	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,1	0,4	0,8	0,6
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-9,0	-8,0	-9,0	-8,0	-8,0	-3,0	-7,7	-3,0	-8,0	-4,0	-9,0	-8,0	-9,0	-7,0
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	5,0	5,0	7,0	10,0	5,0	5,7	5,0	10,0	9,0	1,0	5,0	9,0	6,7
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-8,3	-4,3	-5,3	-2,8	-0,5	0,8	-3,4	0,8	-0,5	2,8	-8,3	-4,3	-2,3	-2,0

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Windkraftanlagen Binnenland / Küste im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittel- wert	Einzelergebnisse						Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	1	-1	1	-1	0,0	-1	1	1	0	0	-1	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	-1	-1	1	-1	-0,3	-1	-1	1	0	0	0	-0,2
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0		0,0		0	0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	1	1	0		0,4		1	0	0	0	1	0,4
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	0	0	0		0,0		0	0	0	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	-1	-1	-1	-2	-0,8	-2	-1	-1	0	0	0	-0,7
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	-1	-2	-1	-1	-2	-1,2	-2	-2	-1	0	-1	-1	-1,2
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	2	-1	0	-1	-1	-1	-0,3	-1	0	-1	2	-1	0	-0,2
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-1,7	-2	-1	-1	-2	0	0	-1,0
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	2	2	1	-1	2	2	1,3	2	2	2	2	2	0	1,7
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	2	2	2	1	2	1,5	2	2	1	0	2	2	1,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	2	2	2	1	2	1,5	2	2	1	0	2	2	1,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	2	0	2	2	0	1	1,2	1	1	0	2	0	1	0,8
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	2	1	2	2	0	1	1,3	1	1	0	2	K	2	1,2
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	1	1	-1		0,6		1	-1	1	1	1	0,6
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	-1	1	0	0	-2	0	-0,3	0	0	-2	-1	0	0	-0,5
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	1	0	1	-1	1	0,3	1	0	-1	0	1	1	0,3
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	1	1	1	-1	-2	1	0,2	1	1	-2	1	1	-1	0,2
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,4	0,0	0,0	-0,2	0,1	-0,8	0,0	-0,8	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,8	1,2	1,1	0,9	0,0	1,1	0,8	1,1	1,1	0,1	0,8	1,2	1,0	0,9
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		4,0	0,0	0,0	-2,0	1,0	-5,0	-0,3	-5,0	0,0	1,0	4,0	0,0	1,0	0,2
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		9,0	14,0	13,0	11,0	0,0	12,0	9,9	12,0	13,0	1,0	9,0	13,0	12,0	10,3
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		10,8	10,5	9,8	6,3	1,0	4,0	7,2	4,0	9,8	1,8	10,8	9,8	10,0	8,0

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Windkraftanlagen Offshore im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse					Mittel- wert	Einzelergebnisse					Mittel- wert		
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	1	-1	-1	1	0,0	-1	1	1	-1	0	0	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	-1	-1	-1	1	-0,3	-1	-1	1	0	0	0	-0,2
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0		0	0	0,0		0	0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	1		1	-1	0,2		1	-1	1	0	0	0,2
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	0		0	-1	-0,2		0	-1	0	0	0	-0,2
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	0	-1	0	-1	-0,3	-1	0	-1	0	0	0	-0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	-1	0	-1	0	0	-0,3	-1	0	0	0	0	-1	-0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	2	-1	-1	-1	0	-2	-0,5	-1	-1	-2	0	2	-1	-0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-1,7	-2	-2	-2	0	-2	0	-1,3
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	2	2	1	2	-1	2	1,3	2	1	2	0	2	2	1,5
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	2	1	2	2	2	1,8	2	1	2	2	2	2	1,8
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	2	2	2	2	1	1,5	2	2	1	2	0	2	1,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	2	2	2	2	K	1,6	2	2	K	2	0	2	1,6
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	2	2	1	2	1,8	2	2	2	1	2	2	1,8
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	2	1	2	1	1	1	1,3	1	1	1	1	2	1	1,2
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	2	1	2	1	2	1	1,5	1	1	1	2	2	K	1,4
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	2		1	-1	0,8		2	-1	1	1	1	0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	-1	1	0	0	0	-2	-0,3	0	0	-2	0	-1	0	-0,5
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	1	1	1	1	0	0,8	1	1	0	1	1	1	0,8
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	1	0	0	-1	-1	-0,2	0	0	-1	-1	0	1	-0,2
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,4	0,0	0,2	-0,5	0,1	-0,1	0,1	-0,5	0,2	-0,1	0,2	0,4	0,0	0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,8	1,3	1,1	1,0	0,8	0,3	0,9	1,0	0,9	0,3	0,9	0,8	1,3	0,9
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		4,0	0,0	2,0	-3,0	1,0	-1,0	0,5	-3,0	2,0	-1,0	2,0	4,0	0,0	0,7
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		9,0	15,0	13,0	11,0	9,0	3,0	10,4	11,0	11,0	3,0	11,0	9,0	14,0	10,5
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		10,8	11,3	11,8	5,3	7,8	1,3	8,3	5,3	10,3	1,3	10,3	10,8	10,5	8,5

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von (Klein-) Wasserkraftanlagen im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittel- wert	Einzelergebnisse						Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	K		0	-1	-1	-1	-0,8	-1	-1	-1		0	K	-0,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0		0	-1	-1	0	-0,4	0	-1	-1		0	0	-0,4
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0		0	0	0	0	0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0		0	0	0	1	0,2	1	0	0		0	0	0,2
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0		0	0	0	0	0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	1	0	1	0	0	0,3	0	1	0	1	0	0	0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	-1	0	-1	-1	0	-0,3	0	-1	-1	-1	0	1	-0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	-1	2		-1	-1	-0,4	-1		-1	-1	2	-1	-0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2,0	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-1,8
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	2	2	2	2	1	-2	1,2	0	2	2	2	2	2	1,7
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	2	2	0	2	2	2	1,7	2	2	2	2	0	2	1,7
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	2	0	2	2	2	1,5	2	2	2	2	0	1	1,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	0	0	-1	0	1	0,0	0	-1	0	0	0	0	-0,2
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	0	0	1	0	1	0,3	0	1	0	0	0	0	0,2
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	-1		1	0	1	1	0,4	1	0	1		1	-1	0,4
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	-2		0	0	1	0	-0,2	0	0	1		0	-2	-0,2
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	1	0	-1	1	0	0,2	-1	-1	1	1	0	0	0,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	1	1	1	1		0,8		1	1	1	1	0	0,8
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,3	0,3	0,4	0,0	-0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,2	0,3	0,4	0,3	0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,3	1,0	0,5	0,7	0,9	0,6	0,7	0,6	0,7	1,0	1,0	0,5	0,3	0,7
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	1,0	4,0	0,0	-2,0	1,0	0,7	1,0	0,0	-2,0	1,0	4,0	2,0	0,7
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		4,0	10,0	6,0	8,0	11,0	7,0	7,8	7,0	8,0	12,0	10,0	6,0	4,0	8,0
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		5,0	8,5	8,5	6,0	6,3	6,3	6,5	6,3	6,0	7,0	8,5	8,5	5,0	6,7

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Photovoltaikanlagen (Kleinanlage) im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittelwert	Einzelergebnisse						Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	1	2	2	2	0,5	1,6	2	1	2	2	2	2	1,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-1	-2	K	-1	-1	-2	-1,4	-1	-1	-1	-1	-1	K	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1	-2	-1		-1	-1	-1,2	-1	0	-1		-1	-1	-0,8
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	-1	-1		0	0	-0,4	0	0	0		0	-1	-0,2
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	1	1	0		0	0	0,4	0	0	1		1	0	0,4
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	-1		0	0	-0,2	0	0	0		0	-1	-0,2
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	1	1	2	2	0	1	1,2	0	1	1	2	1	2	1,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	-1	1	-1	2	0	0,2	2	0	0	-1	0	1	0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	1	0	2	1	2		1,2	2		1	1	0	2	1,2
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2,0	-2	-1	-2	-2	-1	-2	-1,7
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	1	-2	2	2	2	2	1,2	2	2	2	2	-1	2	1,5
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	2	2	1	2	0	2	1,5	0	2	2	2	2	1	1,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	2	2	1	2	0	2	1,5	0	2	2	2	2	1	1,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	2	2	2	2	2,0	2	2	2	2	2	2	2,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	2	1	1	1	0	2	1,2	1	1	1	1	1	1	1,0
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	1	2	2	1	1	2	1,5	1	1	0	1	1	2	1,0
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	2	1	-1		2	2	1,2	1	1	2		1	-1	0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	-1	0	-2	-1	-1	0	-0,8	-1	0	-1	-1	0	-2	-0,8
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	2	2	1	2	2	1	1,7	2	1	2	1	0	1	1,2
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	1		-2	1	2	2	0,8	2	2	1	2		-2	1,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,3	-0,3	0,5	0,6	0,4	-0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,6	0,2	0,5	0,4
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		1,2	0,9	0,4	1,1	0,8	1,4	1,0	0,8	1,3	1,1	1,1	0,8	0,4	0,9
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		3,0	-3,0	4,0	3,0	4,0	-1,5	1,3	4,0	1,0	3,0	3,0	2,0	4,0	2,7
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		14,0	10,0	5,0	12,0	10,0	17,0	11,7	10,0	15,0	13,0	12,0	9,0	5,0	11,0
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		13,5	4,5	7,8	12,0	11,5	11,3	10,1	11,5	12,3	12,8	12,0	8,8	7,8	11,0

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Klärgas- Verstromung im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse					Mittel- wert	Einzelergebnisse					Mittel- wert		
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	1	2	2	2	1,8	2	1	2	2	2	2	1,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	-1	0		0	1	0,0	0	0	0		-1	1	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	-1	0		0	1	0,0	0	0	0		-1	1	0,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0		0	0	0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	0		0	-1	-0,2	0	0	0		0	-1	-0,2
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	0		0	-1	-0,2	0	0	0		0	-1	-0,2
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	1	0	0	1	0,3	0	1	0	0	0	1	0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0		0	0	0	0	0,0	0	0	0	0		0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	1	1		0	0	0	0,4	0		1	0	1	0	0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1,2	-1	-1	-1	-2	0	-1	-1,0
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	1	-1	1	2	2	0	0,8	2	1	1	2	0	0	1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	1	2	2	2	2	1,7	2	2	1	2	2	2	1,8
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	1	2	2	0	0	1,0	0	2	1	2	2	1	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1	2	2	0	0	1,0	0	2	1	2	1	1	1,2
	Abhängigkeit von Energieimporten	1	2	2	2	2	2	1,8	2	2	1	2	2	2	1,8
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	1	0	0	1	0	1	0,5	0	0	1	1	0	1	0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	0	0	1	0	1	0,3	0	0	0	1	0	1	0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	1	0		1	-1	0,2	1	0	0		1	-1	0,2
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	1	0		0	-1	0,0	0	0	0		1	-1	0,0
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	0	0	1	0	1	0,5	0	0	1	1	1	1	0,7
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	-1	1	1	0	-1	0,0	0	1	0	1	-1	-1	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,3	0,1	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	0,3	0,3
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,5	0,3	0,8	1,2	0,5	0,3	0,6	0,5	0,8	0,5	1,2	0,8	0,4	0,7
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		3,0	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,2	2,0	2,0	3,0	2,0	1,0	3,0	2,2
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		6,0	4,0	9,0	12,0	6,0	3,0	6,7	6,0	9,0	6,0	12,0	9,0	5,0	7,9
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		7,5	4,0	8,8	11,0	6,5	5,3	7,2	6,5	8,8	7,5	11,0	7,8	6,8	8,1

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Biogas- Verstromung <i>im Vergleich zum</i> GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse					Mittel- wert	Einzelergebnisse					Mittel- wert		
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	1	2	2	2	1,8	2	2	1	2	2	2	1,8
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	-1		1	-1	0	-0,2	-1	0		0	1	-1	-0,2
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	-1		1	-1	0	-0,2	-1	0		0	1	-1	-0,2
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0		0	0	0	0,0	0	0		0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0		0	0	0	0,0	0	0		0	0	0	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0		0	0	0	0,0	0	0		0	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0		1	0	0	0,2	0	0		0	1	0	0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	0		0		0	0,0	0			0	0	0	0,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	0	0		0	1	1	0,4	1	1		0	0	0	0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1,3	0	-1	-2	-1	-1	-1	-1,0
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	0	1	2	1	-1	2	0,8	0	2	2	0	0	1	0,8
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	1	2	2	1	2	1,7	2	2	2	2	2	1	1,8
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	2	1	2	0	1	0	1,0	2	0	2	2	1	1	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	2	2	2	0	1	0	1,2	1	0	2	2	1	2	1,3
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	1	1	2	2	2	1,7	2	2	1	2	2	1	1,7
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	1		1	0	0	0,4	0	0		0	1	0	0,2
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	1	0		1	0	0	0,4	0	0		1	1	0	0,4
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	0	1		-1	1	1	0,4	1	1		0	-1	1	0,4
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	1	1		-2	1	0	0,2	1	0		1	-2	1	0,2
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	1	1	0	0	1	0,7	1	1	1	1	0	1	0,8
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	1	0	1	-2	-1	1	0,0	-1	1	1	1	-2	0	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,2	0,0	1,0	0,6	0,1	0,3	0,3	0,1	0,3	1,0	0,2	0,6	0,0	0,3
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,9	0,8	1,1	0,0	0,3	0,7	0,6	0,8	0,7	1,1	0,9	0,2	0,7	0,7
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	0,0	1,0	5,0	1,0	3,0	2,0	1,0	3,0	1,0	2,0	5,0	0,0	2,0
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		11,0	9,0	9,0	0,0	4,0	8,0	7,1	9,0	8,0	9,0	11,0	2,0	8,0	8,0
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		10,3	6,8	7,8	5,0	4,0	9,0	7,3	7,8	9,0	7,8	10,3	6,5	6,0	8,1

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Holzvergasung Alt-/ Bauholz im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse					Mittel- wert	Einzelergebnisse					Mittel- wert		
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	2	2	1	1	1	1	1,3	1	1	2	2	1	1	1,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	0	0	-1	-1	0		-0,4	0		0	0	-1	-1	-0,4
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	0	0	-1	-1	0		-0,4	0		0	0	-1	-1	-0,4
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0		0,0	0		0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	-1	0	-1	-1		-0,6	-1		0	-1	0	-1	-0,6
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	-1	0	0	-1		-0,4	-1		0	-1	0	0	-0,4
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	-1	0	0		-0,2	0		0	0	-1	0	-0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	0	0	0		-1		-0,3	-1		0	0	0		-0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	0	-1	1	-1		-0,4	-1		-1	0	-1	1	-0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-1,7	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1,2
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	2	1	1	-1	-1	2	0,7	-1	2	2	0	1	0	0,7
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	-1	1	1	1	2	1,0	1	2	2	K	1	2	1,6
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	2	1	1		2	1,2		2	0	2	1	2	1,4
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	2	2	1	-1	2	1,0	-1	2	0	2	2	1	1,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	2	1	2	1	1	1,5	1	1	2	2	1	2	1,5
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	2	1	1	1		1,0	0		0	1	1	1	0,6
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	1	2	0	0			0,8			1	1	0	0	0,5
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	1	1	1		1,0	1		1	1	1	1	1,0
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	1	1	1	1		0,8	1		0	1	1	1	0,8
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-1	-1	1	0	-1	1	-0,2	-1	1	-1	-1	1	1	0,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	0	1	0	-1	-1	1	0,0	-1	1	0	1	0	-1	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,3	1,0	-0,1	-0,3	1,0	0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,5	0,8	0,8	0,3	-0,1	1,1	0,6	-0,1	1,1	0,5	0,8	0,8	0,8	0,6
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	0,0	-3,0	-1,0	-3,0	1,0	-1,3	-3,0	1,0	1,0	0,0	-3,0	-1,0	-1,3
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		6,0	10,0	9,0	4,0	-1,0	9,0	7,1	-1,0	9,0	6,0	9,0	9,0	9,0	7,9
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		5,5	7,5	3,8	2,0	-3,8	7,8	4,0	-3,8	7,8	5,5	6,8	3,8	5,8	4,6

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Holzvergasung Waldholz im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse				Mittel- wert	Einzelergebnisse				Mittel- wert				
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	1	1	2	2	1	1	1,3	2	1	1	1	2	1	1,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung		-1	0	0	0	-1	-0,4	0	0	-1	-1	0		-0,4
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)		-1	0	0	0	-1	-0,4	0	0	-1	-1	0		-0,4
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung		0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb		-1	-1	0	-1	0	-0,6	0	-1	0	-1	-1		-0,6
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)		0	K	0	-1	0	-0,3	0	-1	0	0	K		-0,3
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb		0	0	0	0	-1	-0,2	0	0	-1	0	0		-0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage			-1	0	0	0	-0,3	0	0	0		-1		-0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System		1	-1	0	-1	-1	-0,4	0	-1	-1	1	-1		-0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-1,7	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-1,2
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	K	-2	-2	2	-1	1	-0,4	2	0	1	-1	-1	K	0,2
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	K	1	1	2	1	1	1,2	2	1	1	2	0	K	1,2
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	2	1	1	0	2	1	1,2	0	2	1	2	1	2	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1		0	2	2	1,2	0	2	2	2		1	1,4
	Abhängigkeit von Energieimporten	K	2	2	2	2	1	1,8	2	2	1	2	2	K	1,8
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)		1	1	0	2	1	1,0	0	1	0	1	1		0,6
Soziale Prüfkriterien	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)		0		1	2	0	0,8	1	1	0	0			0,5
	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung		1	1	1	1	1	1,0	1	1	1	1	1		1,0
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb		1	1	0	1	1	0,8	0	1	1	1	1		0,8
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	0	-1	0	1	1	0,2	0	1	1	1	-1	0	0,3
Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)		1	-1	-1	0	1	0	0,0	0	1	0	-1	-1	1	0,0
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		1,0	-0,1	-0,1	0,2	-0,2	-0,3	-0,1	0,2	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	1,0	-0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,4	0,3	0,1	0,6	1,0	0,8	0,5	0,6	1,0	0,7	0,8	0,2	0,4	0,6
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	-1,0	-1,0	2,0	-2,0	-3,0	-1,2	2,0	-2,0	-3,0	-1,0	-1,0	1,0	-1,2
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	3,0	1,0	7,0	12,0	9,0	7,0	7,0	12,0	8,0	9,0	2,0	2,0	8,0
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		2,5	1,3	-0,3	7,3	7,0	3,8	4,1	7,3	7,0	3,0	5,8	0,5	2,5	4,8

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Müllverbrennungsanlagen im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittel- wert	Einzelergebnisse						Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	0	0	K	1	1	0,2	0	0	1	1	K	-1	0,2
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-2	-1	-1	-1	-1		-1,2	-1	-1	-1		-1	-1	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1	-1	-1	-1	-1		-1,0	-1	-1	-1		-1	-1	-1,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0		0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	-1	0	-1	0		-0,4	0	-1	0		-1	0	-0,4
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	-1	-1	0	0	0		-0,4	0	-1	0		0	-1	-0,4
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	-1	-1	0	0	0	-1	-0,5	0	-1	0	-1	0	-1	-0,5
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	0	0	-1	-1	0	1	-0,2	-1	0	0	1	-1	0	-0,2
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-1,3	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1,2
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	1	1	1	-1	1	2	0,8	1	1	1	2	-1	1	0,8
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	2	1	2	1	1	2	1,5	2	1	1	2	2	1	1,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	1	0	1	1	2	1,0	0	1	2	2	2	1	1,3
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	1	0	1	1	2	1,0	0	1	2		2	1	1,2
	Abhängigkeit von Energieimporten	2	1	2	1	1	2	1,5	2	1	2	2	2	2	1,8
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	0	-1	0	1	0	0	0,0	0	-1	0	0	0	0	-0,2
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	0	0	0		1	0	0,2	0	0	1	0		0	0,2
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	0	1	1	1		0,8	1	0	1		1	1	0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	1	0	0	1	0		0,4	0	0	0		1	1	0,4
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	-1	-2	-2	-1	0	1	-0,8	-2	-2	0	1	-1	-1	-0,8
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	K	0	0	K	0	1	0,3	0	0	0	1	K	K	0,3
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,7	-0,6	-0,3	-0,5	-0,1	0,3	-0,4	-0,3	-0,6	-0,1	0,3	-0,5	-0,6	-0,4
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,5	0,1	0,2	0,4	0,5	1,1	0,4	0,2	0,1	0,8	1,0	0,7	0,5	0,5
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-6,0	-5,0	-3,0	-4,0	-1,0	1,0	-3,5	-3,0	-5,0	-1,0	1,0	-4,0	-5,0	-3,3
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		6,0	1,0	2,0	4,0	6,0	11,0	5,3	2,0	1,0	9,0	9,0	7,0	6,0	6,2
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-1,5	-4,3	-1,5	-1,0	3,5	9,3	0,5	-1,5	-4,3	5,8	7,8	1,3	-0,5	1,4

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Kohlevergasungsanlagen im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse					Mittel- wert	Einzelergebnisse					Mittel- wert		
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-2	-1	-2	-1	-1	-2	-1,5	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-1		-1	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1		-1	-1	-1	-1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1		-1	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1		-1	-1	-1	-1,0
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0		0	0	0	0	0,0	0	0		0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0		0	0	0	-1	-0,2	-1	0		0	0	0	-0,2
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	-1		0	-1	0	0	-0,4	0	-1		0	-1	0	-0,4
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	-1	0	0	0	0	-0,2	0	0	-1	0	0	0	-0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	-1	-1	-1	-1	0	0	-0,7	0	-1	-1	-1	-1	0	-0,7
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,0
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-1,7	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1,3
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-1	0	1	1	-1	-0,2	-1	-1	-1	0	1	1	-0,2
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	1	1	1	1	1	0	0,8	1	1	1	1	1	2	1,2
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	1	2	0	2	1	1	1,2	2	1	2	0	2	2	1,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	1	2	0	2	1	1	1,2	1	1	2	0	2	2	1,3
	Abhängigkeit von Energieimporten	1	2	0	2	1	1	1,2	1	1	2	0	2	2	1,3
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	1	0	0	2	1	1	0,8	0	1	0	0	1	1	0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	1	1	0	1	1	1	0,8	1	1	1	0	2	1	1,0
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1		1	0	1	1	0,8	1	1		1	0	1	0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	1		0	1	1	1	0,8	1	1		0	0	1	0,6
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	0	-2	-1	-1	-1	-0,8	-1	0	0	-2	0	-1	-0,7
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	K	0	-1	0	0	K	-0,3	K	K	0	-1	0	0	-0,3
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,8	-1,0	-0,7	-0,7	-0,4	-0,7	-0,7	-0,6	-0,8	-1,0	-0,7	-0,7	-0,4	-0,7
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,5	0,5	-0,3	0,8	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	-0,3	0,8	0,9	0,5
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-7,0	-4,0	-6,0	-6,0	-4,0	-6,0	-5,9	-5,0	-7,0	-4,0	-6,0	-6,0	-4,0	-5,8
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		6,0	5,0	-3,0	9,0	7,0	3,0	4,7	5,0	6,0	5,0	-3,0	10,0	11,0	5,8
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-2,5	-0,3	-8,3	0,8	1,3	-3,8	-2,4	-1,3	-2,5	-0,3	-8,3	1,5	4,3	-1,4

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von KWK-Anlagen (Erdgas, dez. BHKW f. Ind., KV, HH) im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittelwert	Einzelergebnisse						Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	1	1	1	1	1	1	1,0	1	1	1	1	1	1	1,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung		0	-1	0	0	-1	-0,4	0	0	-1	0	-1		-0,4
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)		-1	-1	0	0	-1	-0,6	0	0	-1	-1	-1		-0,6
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung		0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb		0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0		0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)		0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0		0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	-1	1	1	0	0	0	0,2	0	0	0	1	1	-1	0,2
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	1	1	0	1	0	0	0,5	1	0	0	1	0	1	0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,0	-1	0	-1	0	-1	-1	-0,7
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	0	-1	-1	0	0	0	-0,3	0	0	0	0	-1	0	-0,2
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	K	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	K	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	K	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	K	0,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	1	1	1	0	1	0	0,7	0	0	0	0	1	1	0,3
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	1	1	1	1	1	0	0,8	1	0	0	1	1	1	0,7
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung		1	1	1	0	1	0,8	1	0	1	1	1		0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb		1	-1	0	1	0	0,2	0	1	0	1	-1		0,2
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	1	1	1	1	1	1,0	1	1	1	1	1	1	1,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	1	-1	-1	1	1	1	0,3	1	1	1	-1	-1	1	0,3
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,3	0,2	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,1	0,2	0,1	-0,1	0,2	0,0	0,3	0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,4	0,2	0,0	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,0	0,4	0,2
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	2,0	0,0	2,0	1,0	-1,0	0,7	2,0	1,0	-1,0	2,0	0,0	1,0	0,7
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		3,0	2,0	0,0	3,0	4,0	2,0	2,5	3,0	3,0	2,0	3,0	0,0	3,0	2,5
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		3,3	3,5	0,0	4,3	4,0	0,5	2,5	4,3	3,3	0,5	4,3	0,0	3,3	2,5

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Mikroturbinen mit Erdgas im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittel- wert	Einzelergebnisse						Mittel- wert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	K	-1	1	1	1	0,2	-1	-1	1	1	K	1	0,2
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung		1	-1	0	0	0	0,0	-1		0	0	1	0	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)		1	-1	-1	0	0	-0,2	-1		0	0	1	-1	-0,2
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung		0	0	0	0	0	0,0	0		0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb		0	0	0	0	0	0,0	0		0	0	0	0	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)		0	0	0	0	0	0,0	0		0	0	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb		0	-1	0	0	0	-0,2	-1		0	0	0	0	-0,2
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	0	1	1	2	0	0,8	1	1	2	0	0	1	0,8
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System		0	0	1	1	0	0,4	0		1	0	0	1	0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	1	-1	-1	-1	1	-0,5	-1	-2	0	1	1	0	-0,2
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	1	-1	-1	0	1	-0,2	-1	-1	0	1	1	0	0,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)		2	1	1	1	1	1,2	1		1	0	1	0	0,6
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)		1	1	1	1	1	1,0	1		1	1	1	1	1,0
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	-1	1	1	1	0	0,5	1	1	1	0	-1	1	0,5
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb		-1	-1	1	0	0	-0,2	-1		0	0	-1	1	-0,2
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	0	0	1	2	0	0,7	0	1	2	0	0	1	0,7
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	2	1	-1	-1	2	1	0,7	-1	2	2	1	1	-1	0,7
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,0	0,3	-0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	-0,3	0,0	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,1	0,3	-0,1	0,2	0,5	0,4	0,2	-0,1	0,1	0,6	0,3	0,3	0,3	0,2
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		0,0	2,0	-3,0	2,0	4,0	1,0	1,0	-3,0	0,0	4,0	1,0	2,0	2,0	1,0
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	4,0	-1,0	2,0	6,0	5,0	3,2	-1,0	1,0	7,0	4,0	3,0	3,0	3,1
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		0,8	5,0	-3,8	3,5	8,5	4,8	3,4	-3,8	0,8	9,3	4,0	4,3	4,3	3,3

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Mikro Stirling Motoren mit Erdgas im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse						Bewertungsergebnisse					
		Bis 2020						Nach 2020 bis 2050					
		Einzelergebnisse					Mittelwert	Einzelergebnisse					Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	1	-1	1	0	0,0	1	0	-1	1	-1	0,0
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung		0	-1	0	0	-0,3	0	0		0	-1	-0,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)		-1	-1	0	0	-0,5	0	0		-1	-1	-0,5
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung		0	0	0	0	0,0	0	0		0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb		0	0	0	0	0,0	0	0		0	0	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)		0	0	0	0	0,0	0	0		0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb		0	-1	0	0	-0,3	0	0		0	-1	-0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	1	1	2	0	1,0	2	0	1	1	1	1,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System		1	0	1	0	0,5	1	0		1	0	0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-2	-2	-1	-1	2	-0,8	0	2	-2	0	-1	-0,2
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-2	-1	0	2	-0,4	0	2	-1	0	-1	0,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)		1	1	0	0	0,5	0	0		1	1	0,5
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)		1	1	1	1	1,0	1	0		1	1	0,8
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	0	2	1	1,0	1	1	1	1	0	0,8
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb		1	-1	0	1	0,3	0	1		1	-1	0,3
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	1	-1	2	1	0,8	2	1	1	1	-1	0,8
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	2	-1	-1	2	0	0,4	2	0	2	-1	-1	0,4
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,0	0,2	-0,3	0,4	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2	-0,3	0,1
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,1	0,0	-0,3	0,5	0,7	0,2	0,5	0,6	0,1	0,3	-0,3	0,3
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		0,0	2,0	-3,0	4,0	0,0	0,5	4,0	0,0	0,0	2,0	-3,0	0,5
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	0,0	-3,0	6,0	8,0	2,8	6,0	7,0	1,0	4,0	-3,0	3,3
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		0,8	2,0	-5,3	8,5	6,0	2,6	8,5	5,3	0,8	5,0	-5,3	3,0

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Brennstoffzellen (Erdgas, dezentr. für KV und HH) im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse							Bewertungsergebnisse						
		Bis 2020							Nach 2020 bis 2050						
		Einzelergebnisse						Mittelwert	Einzelergebnisse						Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	1	1	1	1	1	0,7	1	1	1	1	1	-1	0,7
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	-1	-1	1	-1	-1		-0,6	1	0	-1		-1	-1	-0,4
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	-1	-2	-1	-1	-1		-1,2	0	0	-1		-1	-1	-0,6
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0	0		0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0	0		0,0	0	0	0		0	0	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	-1	0	0	-1	-1		-0,6	0	0	-1		0	-1	-0,4
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	1	1	0	1	1		0,8	0	1	1		1	1	0,8
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	1	2	0	0	2	1,0	2	0	0	2	1	1	1,0
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	0	1	1	0	0		0,4	1	0	0		1	0	0,4
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	-2	-2	1	-2	-2	-1,3	0	0	-1	-2	0	-1	-0,7
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	-1	-2	0	0	-1	-1	-0,8	0	0	0	0	0	-1	-0,2
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	0	0	0	0	0,0	1	0	0	0	0	0	0,2
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	2	1	0	2	2		1,4	1	1	1		1	1	1,0
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	2	1	0	2	1		1,2	1	2	1		1	1	1,2
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	1	1	2	2	1	1	1,3	1	1	1	1	1	1	1,0
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	0	1	0	1	1		0,6	0	1	1		1	0	0,6
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	1	2	2	2	1	1	1,5	2	2	1	1	1	1	1,3
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	-2	-1	2	2	1	2	0,7	2	1	1	2	-1	-1	0,7
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		-0,2	0,1	0,4	-0,1	-0,1	1,5	0,1	0,6	0,2	-0,1	1,5	0,2	-0,2	0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		0,2	0,1	0,3	1,0	0,3	0,1	0,3	0,7	0,7	0,4	0,2	0,3	0,1	0,4
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		-2,0	1,0	4,0	-1,0	-1,0	3,0	0,5	5,0	2,0	-1,0	3,0	2,0	-2,0	1,5
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		2,0	1,0	4,0	12,0	4,0	1,0	4,5	8,0	8,0	5,0	2,0	4,0	1,0	5,1
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-0,5	1,8	7,0	8,0	2,0	3,8	3,9	11,0	8,0	2,8	4,5	5,0	-1,3	5,3

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter 1 = vorteilhafter 0 = ohne relevante Vor- und Nachteile - 1 = ungünstiger - 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt

Bewertung von Erdgas-Entspannungsleitungen (Expansion) im Vergleich zum GUD-Kraftwerk (Erdgas, Kond-Betrieb)		Bewertungsergebnisse				Bewertungsergebnisse			
		Bis 2020				Nach 2020 bis 2050			
		Einzelergebnisse			Mittelwert	Einzelergebnisse			Mittelwert
Ökologische Prüfkriterien	CO ₂ -Emissionen beim Anlagenbetrieb	-1	1	1	0,3	1	1	0	0,7
	Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger bei der Anlagenherstellung	1	0	0	0,3	0	0	1	0,3
	Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe bei der Anlagenherstellung (ohne Energieverbrauch)	1	0	0	0,3	0	0	1	0,3
	Gesundheitsgefahren bei der Anlagenherstellung	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
	Gesundheitsgefahren beim Anlagenbetrieb	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
	Schädigungspotentiale bei der Entsorgung (Betriebsreststoffe und bei Anlagenabriß)	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
	Lärmemissionen beim Anlagenbetrieb	-1	0	0	-0,3	0	0	-1	-0,3
	Optische Beeinträchtigungen durch die Anlage	1	0	0	0,3	0	0	1	0,3
	Sonstige Eingriffe und Wirkungen in bzw. auf das Öko-System	K	1	0	0,5	1	0	K	0,5
Ökonomische Prüfkriterien	Preisdifferenz bei Anlagenanschaffung (Investitionsbelastung)	-1	0	K	-0,5	0	K	-1	-0,5
	Preisdifferenz beim Anlagenbetrieb (Betriebskostenbelastung)	1	1	1	1,0	1	1	1	1,0
	Risiko von Preissteigerungen für den eingesetzten Energieträger	K	0	1	0,5	0	1	K	0,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der Energiereserven (Welt)	K	0	1	0,5	0	1	K	0,5
	Risiko für die Versorgungssicherheit aufgrund der regionalen Verteilung der Energiereserven	K	0	1	0,5	0	1	K	0,5
	Abhängigkeit von Energieimporten	0	0	1	0,3	0	1	0	0,3
	Innovationsbeitrag der Technik (deutscher Innovationsvorsprung vor dem Ausland oder nur Innovationsteilnahme)	-1	0	1	0,0	0	0	-1	-0,3
	Exportpotenzial der Technik (Export-/Importanteil der Technik an der Inlandsproduktion dieser Technik)	-1	0	1	0,0	0	0	-1	-0,3
Soziale Prüfkriterien	Beschäftigungsintensität bei der Anlagenherstellung	-1	0	0	-0,3	0	0	-1	-0,3
	Beschäftigungsintensität beim Anlagenbetrieb	-1	0	0	-0,3	0	0	-1	-0,3
	Technik-/Produktakzeptanz bei Nutzern und in der Gesellschaft	0	0	0	0,0	0	0	0	0,0
	Wirkung auf die Unternehmenskonzentration (Monopol- oder Oligopolbildung)	-1	0	0	-0,3	0	0	-1	-0,3
Mittelwert ökologische Prüfkriterien		0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
Mittelwert ökonomische und soziale Prüfkriterien		-0,6	0,1	0,6	0,1	0,1	0,5	-0,6	0,0
Summe ökologische Prüfkriterien (Summe gerundet)		1,0	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	2,0	1,8
Summe ökonomische und soziale Prüfkriterien (Summe gerundet)		-5,0	1,0	7,0	1,3	1,0	5,0	-5,0	0,7
Gesamtsumme über die Anzahl der Prüfkriterien gewichtet		-2,8	2,8	6,3	2,5	2,8	4,8	-1,8	2,3

prognos 2002

Legende: Die Stromerzeugungstechnologie ist im Vergleich zur Alternativtechnologie ...

2 = deutlich vorteilhafter

1 = vorteilhafter

0 = ohne relevante Vor- und Nachteile

- 1 = ungünstiger

- 2 = deutlich ungünstiger

K = keine klare Bewertung möglich

Feld ohne Eintrag: keine Bewertung erfolgt