

Grünes Energieszenario

Energieszenario für Niedersachsen bis 2020 und 2050



Foto: Enercon GmbH

Strom – Wärme – Verkehr

Untersuchung im Auftrag von
Bündnis 90/Die Grünen
in Niedersachsen

BÜNDNIS 90
DIE GRÜNEN

Fachliche Bearbeitung: Dr.-Ing. Valerie Wilms, Wedel
info@valerie-wilms.de
www.valerie-wilms.de



Auftraggeber: Stefan Wenzel
Andreas Meihnsies
in Kooperation mit dem Landesverband
Niedersachsen von Bündnis 90/Die Grünen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Politische Zusammenfassung	5
1 Ausgangssituation	7
2 Stromversorgung in Niedersachsen	8
2.1 Stromerzeugung	8
2.1.1 Energieträger	8
2.1.2 CO ₂ -Emissionen durch die Stromerzeugung	16
2.2 Stromverbrauch.....	16
2.3 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios für Niedersachsen.....	18
2.3.1 Energiemix.....	18
2.3.2 Stromverbrauch und Stromerzeugung.....	19
2.3.3 Energieausgleich und Engpassleistung.....	20
2.3.4 CO ₂ -Emissionen	22
3 Wärmeversorgung in Niedersachsen	23
3.1 Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung	23
3.1.1 Energieträger	23
3.1.2 CO ₂ -Emissionen durch die Wärmeerzeugung	26
3.2 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios für Niedersachsen.....	29
3.2.1 Verbrauchsmix	29
3.2.2 CO ₂ -Emissionen	30
4 Energieverbrauch im Verkehr in Niedersachsen	31
4.1 Energieverbrauch und Energieträger	31
4.1.1 Energieträger	31
4.1.2 CO ₂ -Emissionen durch den Verkehr	33
4.2 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios für Niedersachsen.....	35
4.2.1 Verbrauchsmix	35
4.2.2 CO ₂ -Emissionen	37
5 Zusammenfassung.....	38
Literatur	40
Anhang: Vorschläge für politische Maßnahmen	42

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 :	Aufteilung des verfügbaren Stroms auf die Erzeugungsarten	14
Abb. 2:	Entwicklung des Stromverbrauchs in Niedersachsen	17
Abb. 3:	Vorausschau des Energiemix für den verfügbaren Strom in Niedersachsen	18
Abb. 4:	In Niedersachsen zur Verfügung stehender Überschuss an vor Ort erzeugter elektrischer Energie	19
Abb. 5:	Vergleich der erzeugten und verfügbaren Strommenge im Vergleich zum höchstens zu erwartenden Gesamtverbrauch sowie dem entsprechende Stromüberschuss bei Anwendung der Verbrauchsentwicklung mit der geringsten prognostizierten Verbrauchsabsenkung (BMU-Leitstudie 2007).....	20
Abb. 6:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen aus der Stromproduktion in Niedersachsen	22
Abb. 7:	Prognostizierte Entwicklung des Wärmeverbrauchs in der Leitstudie 2007 des BMU.....	23
Abb. 8:	Aufteilung der in Niedersachsen erzeugten Wärme auf die Endenergiearten	25
Abb. 9:	Entwicklung des Energieverbrauchs für die Wärmeerzeugung und die damit verbundenen CO ₂ -Emissionen in Niedersachsen.....	27
Abb. 10:	Verbrauchsmix der einzelnen Energieträger für die Wärmeerzeugung	29
Abb. 11:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen durch die Wärmeerzeugung	30
Abb. 12:	Aufteilung des Energieverbrauchs für den Verkehr in Niedersachsen auf die Energieträger.....	33
Abb. 13:	Entwicklung des Energieverbrauchs für den Verkehr und die damit verbundenen CO ₂ -Emissionen in Niedersachsen.....	34
Abb. 14:	Verbrauchsmix der einzelnen Energieträger im Verkehr	35
Abb. 15:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen durch den Verkehr	37
Abb. 16:	Absenkung der CO ₂ -Emissionen des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario	39
Abb. 17:	Verlauf der CO ₂ -Emissionen pro Einwohner des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario.....	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Berücksichtigte Systeme zur Erzeugung und Bezug für Strom in Niedersachsen	9
Tabelle 2:	Ergebnisse des Szenarios für die Stromerzeugung bei unterschiedlicher Entwicklung des Stromverbrauchs	15
Tabelle 3:	Angewendete Verbrauchsminderungen im Grünen Energieszenario für Niedersachsen.....	17
Tabelle 4:	Verfügbare Ausgleichsenergie und Engpassleistung im Grünen Energieszenario	21
Tabelle 5:	Ergebnisse des Grünen Energieszenarios Niedersachsen für die Wärmeversorgung	28
Tabelle 6:	Ergebnisse des Grünen Energieszenarios Niedersachsen für den Energieverbrauch im Verkehr	36
Tabelle 7:	Verlauf der CO ₂ -Emissionen pro Einwohner des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario.....	39

Politische Zusammenfassung

Die Betriebsprobleme mit den beiden Atomkraftwerken Krümmel und Brunsbüttel Ende Juni 2007 haben gezeigt, dass trotz des plötzlichen Ausfalls von 2,2 GW Kraftwerksleistung ein Blackout nicht stattgefunden hat. Die Stromversorgung konnte in vollem Umfang aufrecht erhalten werden. Das politische Gerede, nur mit der Verlängerung der Laufzeiten von Atomkraftkraftwerken könne die Versorgungssicherheit bei den vielen nur unstetig liefernden Windenergieanlagen realisiert werden, hat sich als Märchen entpuppt.

Das Grüne Energieszenario für Niedersachsen zeigt anhand der zur Zeit verfügbaren Daten, dass ein Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung und der Atomkraft möglich ist, ohne dass Niedersachsen in die „Steinzeit“ zurückversetzt wird oder neue Kohlekraftwerke gebaut werden müssen. Das Land kann sich selbst ausreichend versorgen mit dem Strom aus vorwiegend erneuerbaren Quellen. Damit werden auch noch erhebliche Wertschöpfungspotentiale für die mittelständische Energiewirtschaft im Lande geschaffen durch eine Verdreifachung der Stromexportmöglichkeit.

1. Dazu müssen die Windenergiestandorte in Niedersachsen durch Repowering konsequent ertüchtigt und die Off-shore-Windparks gebaut werden. Durch konsequenten Einbau von Objekt-BHKWs im Geschosswohnungsbau anstelle von Heizungsanlagen bei den notwendigen Heizungssanierungen und deren Zusammenschaltung zu einem virtuellen Kraftwerk kann auch Regelenergie gewonnen werden ohne Zuhilfenahme von Kohlekraftwerken. Das von Enercon in Zusammenarbeit mit Betreibern von Windkraftanlagen, Biogasanlagen und Photovoltaik-Anlagen geplante Kombikraftwerk aus erneuerbaren Energien nutzt dasselbe Vernetzungsprinzip und kann sinnvoll mit integriert werden.
2. Durch ein neues europaweites Hochspannungsnetz (HGÜ-Netz) kann Strom aus Wasserkraft aus Norwegen oder aus Windkraft aus Spanien zusätzlich als Regelenergie zur Verfügung stehen. Begonnen werden kann mit dem geplanten NorGer-Kabel zwischen Wilhelmshaven und Norwegen, mit dem überschüssiger norwegischer Strom aus Wasserkraft gegen Windstrom aus Niedersachsen ausgetauscht werden kann. Die Realisierung des NorGer-Kabels ist von der EWE AG für 2011 avisiert.
3. Anstelle Lagerstätten für Kohlendioxid in Niedersachsen zu suchen, in denen das CO₂ dann viele Jahrhunderte mit aufwändigen Maßnahmen sicher eingeschlossen bleiben muss, sollten Lagerstätten von Erdöl oder Erdgas auf die Eignung als Druckluftspeicher geprüft werden. Durch Entspannung der dort ungefährlich für die Umwelt gespeicherten Druckluft kann bei Bedarf wie mit einem Pumpspeicherwerk für Wasser benötigte Regelenergie emissionsfrei erzeugt werden.
4. Auch die Stromerzeugung aus Wellen- und Gezeitenenergie ist grundsätzlich möglich. Wegen des nur geringen Potenzials im niedersächsischen Wattenmeer ist dies aber wie die CCS-Technologie zur Kohlenstoffabscheidung kein kurzfristig erfolgreicher Weg, um bis 2020 ein Umsteuern zu einer CO₂-freien Stromversorgung zu erreichen.
5. Durch konsequente Verbrauchsreduzierung kann die Versorgungssicherheit noch weiter erhöht werden. Dazu sind sowohl Effizienzsteigerungen gerade bei industriellen Wärmeprozessen, durch Einsatz von Leistungselektronik und in der Automobiltechnik möglich, als auch Einsparungsmöglichkeiten durch konsequenten Verzicht auf Stand-by-Schaltungen, Ersatz aller Elektroheizungen und Verzicht auf Elektro-Wärmepumpen außerhalb von Passivhäusern.
6. In der Wärmeversorgung für Niedersachsen kann durch wirksame Wärmedämmung die Hälfte der bisher benötigten Heizenergie eingespart werden. Die dann noch erforderliche Wärmeenergie kann aus Kraft-Wärme-Kopplung, Solarthermie, Tiefen-Geothermie und durch Biomasseheizwerke gewonnen werden. Das für den Betrieb der BHKW zunächst benötigte Erdgas kann sukzessive durch Biogas oder durch in Off-shore-Windenergieanlagen erzeugten Wasserstoff ersetzt werden.

7. Die Ausrüstung der Städte und Bioenergiedörfer in Niedersachsen mit einem Wärmenetz muss zukünftig Standard werden. Dazu müssen Regelungen analog dem geplanten Wärmegesetz in Baden-Württemberg auch in Niedersachsen geschaffen werden. Diese müssen auch die Bestandsobjekte mit einbeziehen, damit in Niedersachsen bis 2020 die Quote für die Nutzung von erneuerbaren Energien und der effektiven Kraft-Wärme-Kopplung in der Wärmeerzeugung insgesamt mindestens 25 Prozent und bis 2050 mehr als 70 Prozent beträgt.
8. Im Verkehrsbereich ist eine deutliche Einsparung der bisher in Niedersachsen verbrauchten Energie und damit eine wirksame Reduzierung der CO₂-Emissionen möglich. Die erbrachten Fahrleistungen müssen dabei weder wesentlich eingeschränkt noch die Aufteilung des Verkehrs auf die einzelnen Verkehrsträger verändert werden. Die individuelle Mobilität in der Fläche bleibt so erhalten; gerade in einem Flächenland wie Niedersachsen ist dies in den ländlichen Bereichen ohne deutlich ausgebauten ÖPNV ein wesentlicher Punkt für die Wirtschaftsentwicklung und die Sicherung der Arbeitsplätze. Dies wird durch die jetzt europaweit geplanten Vorgaben für die Effizienzsteigerung in der Antriebstechnik der Fahrzeuge möglich.
9. Langfristig müssen CO₂-emissionsfreie PKW mit Elektroantrieb zum Einsatz kommen. Durch die Umstellung des Antriebsstrangs vom wenig effizienten Verbrennungsmotor auf den Elektromotor mit hohem Wirkungsgrad (drive by wire) lässt sich auch mit dem heutigen Strommix die CO₂-Emission von Mittelklassewagen sofort um mindestens 50 Prozent absenken von etwa 160 g/km auf 80 g/km. Geeignet leistungsfähige Lithium-Ionen-Batterien werden in Kürze zur Verfügung stehen, gerade auch durch die zum Innovationspreis 2007 vorgeschlagene neue Keramik-Membran auf Basis von Nanopartikel.
10. Die Nutzung von biogenen Kraftstoffen muss streng begrenzt werden auf maximal 10 Prozent des Kraftstoffverbrauchs. Nur so kann ein Verdrängungswettbewerb um die nur im begrenzten Umfang zur Verfügung stehenden Anbauflächen mit der Nahrungsmittelproduktion vermeiden werden. Eine weitere Begrenzung ergibt sich durch technische Randbedingungen, um einen Anstieg der Emission weiterer Luftschadstoffe, insbesondere Feinstaub und Stickoxide, zu verhindern. Vorrangig sollten Biokraftstoffe in der Landwirtschaft eingesetzt werden anstelle von Agrardiesel, um das Wassergefährdungspotenzial zu verringern.
11. Als Übergangsenergie für den motorisierten Individualverkehr muss in Niedersachsen Erdgas vorgesehen werden, ergänzt durch entsprechend aufbereitetes Biogas. Dazu ist eine deutliche Ausweitung des Erdgas-Tankstellen-Netzes erforderlich und die Schaffung von Einspeisestellen für aufbereitetes Biogas.
12. Nach 2020 steht durch die nicht direkt mit einem Landanschluss versehenen Off-shore-Windkraftanlagen regenerativ erzeugter „blauer“ Wasserstoff zur Verfügung. Durch Umrüstung des Erdgas-Tankstellen-Netzes kann dann der Umstieg auf Elektrofahrzeuge mit On-board-Stromerzeugung durch Brennstoffzellen erfolgen. Für den Nahbereich ist schon vorher der Einsatz von batteriegestützten Elektrofahrzeugen sinnvoll. Durch Errichtung von Ladestationen an jedem Parkplatz kann die Umstellung auf den emissionsfreien Elektroantrieb wirksam lokal unterstützt werden.

1 Ausgangssituation

Die aktuellen Ausführungen des Weltklimarates IPCC¹ zeigen, dass eine Umkehr in der CO₂-Emission schon innerhalb der kommenden acht Jahre bis 2015 erforderlich ist. Nur dann könnte der Temperaturanstieg in der Atmosphäre auf 2° C begrenzt werden. Für diese Energiewende sind drei Faktoren (E³) wesentlich:

- Energie einsparen
- Energie effizient nutzen und
- erneuerbare Energien verwenden.

Mit Atomkraft kann zwar Strom weitgehend CO₂-frei erzeugt werden. Die Nutzung der Atomkraft ist aber aufgrund der ungeklärten Entsorgungssituation und der hohen Risiken für die Bevölkerung und die Umwelt durch Betriebsprobleme und Terrorgefahren unverantwortlich. Die Nutzung der Atomkraft muss daher zumindest entsprechend dem Atomkonsens enden, sofern nicht aufgrund aktueller Risikoeinschätzungen² ein vorzeitiges Abschalten angezeigt ist. Außerdem sind Atomkraftwerke auf reine Stromerzeugung ausgelegt. Ihr Wirkungsgrad beträgt nur etwa 35 Prozent. Kraft-Wärme-Kopplung und damit eine Energieausnutzung von 80 bis 90 Prozent ist mit ihnen nicht möglich.

Derzeit sind die nationalen und internationalen Energieversorgungsunternehmen dabei, neue Standorte für Kohlekraftwerke im Land zu sichern. Werden diese Kohlekraftwerke gebaut, ist mit deren Betrieb und den entsprechenden CO₂-Emissionen für mindestens 40 Jahre zu rechnen. In Niedersachsen sind Standorte in Stade (Electrabel und E.on, je mindestens 800 MW), in Wilhelmshaven (Electrabel und E.on je mindestens 800 MW) und Dörpen (900 MW eines Schweizer Investors) geplant, jeweils ohne Kraft-Wärme-Kopplung. Funktionierende CO₂-Abscheide- und Lagerungssysteme (CCS)³ sind nicht in Sicht. Erste Versuchsanlagen werden in frühestens 15 Jahren Ergebnisse zeigen. Die bisher schon schlechten Wirkungsgrade der Kohlekraftwerke werden durch die zusätzlich benötigten verfahrenstechnischen Anlagen um etwa 20 Prozent reduziert.

Die Mehrzahl der Kohlekraftwerksprojekte ist aufgrund der Standortlagen abseits von Wärmeverbrauchern nicht für Kraft-Wärme-Kopplung ausgelegt. Damit reduziert sich der Wirkungsgrad dieser neuen Kohlekraftwerke auf real etwa 44 Prozent.

Moderne kombinierte Gas- und Dampfkraftwerke (GuD)⁴ mit Wärme-Auskopplung sind in Niedersachsen insbesondere in Hannover vorhanden. Trotz ihres sehr hohen Wirkungsgrades von über 80 Prozent und der nur halb so großen CO₂-Emissionen wie ein Kohlekraftwerk bei gleicher Leistung sind im Küstenbereich bislang nur Kohlekraftwerke geplant. GuD-Kraftwerke eignen sich sowohl für die Grundlast als auch zur Spitzenlastabsicherung bei benötigter Regenergie.

Der Ausbau der On-shore-Windeenergie durch Repowering und der Off-shore-Windenergie benötigt einen konsequenten Ausbau des Übertragungsnetzes für Hoch- und Höchstspannung. Anstelle diesen in Abstimmung mit den Interessen der Bevölkerung und der Stromproduzenten schnellstmöglich mit ökologisch verträglichen und in der Vollkostenrechnung durchaus wirtschaftlichen Lösungen wie Erdkabeln oder HGÜ-Leitungen zu realisieren, blockiert der Netzbetreiber E.on-Netz den Ausbau durch Erzwingen von neuen Freileitungstrassen. Deren Genehmigung ist aufgrund der sehr großen Widerstände in der Bevölkerung nicht absehbar. Die mittelständischen Betreiber werden damit zu Gunsten der Großkraftwerke von E.on in den Ruin getrieben.

Niedersachsen ist heute ein Exporteur von Strom. Diese Situation muss erhalten bleiben. So benötigen gerade Stadtstaaten wie Hamburg, Bremen und Berlin und die großen Industrieregionen im Westen und Süden mit den dort nur begrenzten Erzeugungsmöglichkeiten den Strom aus dem Norden. Außerdem leistet die Stromerzeugung einen deutlichen Beitrag am Bruttoinlandsprodukt und zu den Gewerbesteuerereinnahmen in Niedersachsen.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch

² z. B. Trafobrand im AKW Krümmel am 29.06.2007, Auffinden nicht zertifizierter Dübel und weiterer sicherheitstechnischer Mängel in Brunsbüttel und Krümmel während der Stillstandsphase ab Ende Juni 2007, Auffinden nicht zertifizierter Dübel in den Blöcken A und B in Biblis

³ Carbon Capture and Sequestration: Abtrennen von Kohlendioxid aus dem Abgasstrom und Ablagerung

⁴ In einem Gas- und Dampfkraftwerk werden die Prozesse einer Gasturbine und eines Dampfkraftwerks gekoppelt zur optimalen Ausnutzung der Primärenergie. Die Abgase einer mit Erdgas betriebenen Gasturbine werden zur Aufheizung des Speiswassers einer nachgeschalteten Dampfturbine genutzt. Damit ist eine hohe Ausbeute der eingesetzten Primärenergie bei schneller Reaktionsfähigkeit durch die verwendete Gasturbine gegeben. GuD-Kraftwerke eignen sich als Kraftwerke zur Bereitstellung der Regenergie für die Minutenreserve

Das Grüne Energieszenario zeigt, wie die nachhaltige Strom- und Wärmeversorgung von Niedersachsen und die Energienutzung im Verkehr unter Einsatz von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Verbrauchsminderung sowie der Verwendung von erneuerbaren Energien realisierbar ist. Ausgangsbasis sind die verfügbaren Energiedaten aus 2004. Ziele sind ein Ausblick auf die Jahre 2020 und 2050 in Niedersachsen, sowohl von der Energieerzeugung als auch vom Energieverbrauch. Durch flankierende politische Maßnahmen kann dieses Ziel erreicht werden, ohne das die „Lichter ausgehen“. Mit dem Szenario wird vielmehr die lokale Wirtschaft gestärkt im Gegensatz zum Konzept der Energiekonzerne und der Landesregierung⁵. Diese zementiert vielmehr die alten oligopolistischen Strukturen aus dem Dritten Reich und macht das Land in keiner Weise fit für die anstehende Wende in der Globalisierung nach Überschreiten der Fördermaxima für die fossilen Energieträger Öl, Erdgas, Kohle sowie des Uranbrennstoffs für die Atomkraftwerke⁶.

Im Grünen Energieszenario wird besonderer Wert auf realistische Daten, bekannte Technologien und eine konservative Abschätzung der Entwicklung gelegt. So sind die derzeit ins Gespräch gebrachten Wellen- oder Gezeiten-Kraftwerke nicht mit berücksichtigt. Dazu ist noch gar nicht abzusehen, welches Potential an der niedersächsischen Flachwasserküste mit dem Wattenmeer überhaupt vorhanden ist.

2 Stromversorgung in Niedersachsen

Bei der Aufstellung des Szenarios für die Stromversorgung wird als Ausgangsbasis das Jahr 2004 herangezogen. Die Daten dazu sind den Niedersächsischen Energie- und CO₂-Bilanzen für 2004 [Pestel 2007] entnommen. Für dort nicht aufgeführte Angaben werden die Daten vom Umweltbundesamt [UBA 2006, UBA 2007, UBA 2007b] herangezogen.

2.1 Stromerzeugung

2.1.1 Energieträger

Bei der Stromerzeugung im Grünen Energieszenario wird unterschieden zwischen den vier Kategorien erneuerbare Energien, fossile Energieträger, Atomkraft und sonstige Energieträger. Zwei der Kategorien werden noch weiter unterteilt in Gruppen (Tabelle 1). Unter der Gruppe „Sonstige“ werden die Energieträger Deponiegas, Klärgas und Erdöl zusammengefasst. Der im Lande verfügbare Strom berücksichtigt neben der Eigenerzeugung in Niedersachsen auch Importe über neue Leitungen nach Norwegen, die Bestandteil eines zukünftigen europaweiten HGÜ-Netzes werden.

» Atom

Bei der Hochrechnung der zu erwartenden Stromerzeugung in Niedersachsen für die Jahre 2020 und 2050 wird die planmäßige Abschaltung der drei derzeit noch im Betrieb befindlichen Atomkraftwerke Unterweser in 2012, Grohnde in 2018 und Emsland in 2020 berücksichtigt. Ab 2020 wird im Szenario keine Erzeugung durch Atomkraft mehr vorgesehen. Die Atomkraftwerke laufen im Grundlastbetrieb. Laut der Energiebilanz 2004⁷ wurden insgesamt 33.309 GWh in den niedersächsischen Atomkraftwerken zur Abgabe ans Netz erzeugt.

⁵ Moderne Umweltpolitik in Niedersachsen [MU 2006]

⁶ Diese Zeitpunkte werden als Peak Oil, Peak Gas, Peak Coal bzw. Peak Uranium bezeichnet. Das Eintreten von Peak Oil wird kurzfristig erwartet. Mit der dann folgenden Angebotsverknappung ist ein Explodieren der entsprechenden Rohstoffpreise zu erwarten mit den entsprechenden Folgen für die globalisierte Wirtschaft, die Transportleistungen zwingend benötigt [Ritz 2007].

Siehe die aktuellen Studien der Energy Watch Group zu Peak Oil, Peak Coal und Peak Uranium unter www.energywatchgroup.org.

⁷ Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2004 [Pestel 2007]: Tabelle 4 auf Seite 7

» **Windkraft**

Die Daten zur Stromerzeugung durch Windkraft sind der Energiebilanz 2004⁸ entnommen. Für die Weiterentwicklung der Onshore-Windkraft werden konservative Abschätzungen herangezogen. Bis 2020 sollte das Repowering durch den Ersatz einer Vielzahl von alten schnell laufenden Windkraftanlagen niedriger Bauhöhe durch wenige langsam laufende und höher bauende Anlagen im Leistungsbereich von mindestens 2 MW im wesentlichen abgeschlossen sein. Dabei wird eine Kapazitätssteigerung um 100 Prozent auf mindestens 14.000 GWh angenommen. Bis 2050 wird dann noch ein Zubau von mindestens 10 Prozent an Land auf eine erzeugbare Strommenge von mindestens 15.400 GWh erwartet.

Die bislang in den Eignungsgebieten der Außenwirtschaftszone in der Nordsee, deren Strom Richtung Niedersachsen abgeführt werden soll, vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) genehmigten Offshore-Windpark⁹ weisen eine Leistung von 2.371 MW auf. Bei den in der Nordsee zu erwartenden 3.800 Vollastbetriebsstunden stehen von dort insgesamt 9.000 GWh zur Verfügung. Diese Kapazität wird im Szenario für 2020 berücksichtigt.

Die Genehmigungen beziehen sich zur Zeit auf einen Erprobungsbetrieb mit geringerer Gesamtleistung, ermöglichen aber auch die Erweiterung auf den insgesamt vorgesehenen Umfang für den Regelbetrieb. Diese Daten aus den Genehmigungsbescheiden des BSH wurden für die Kapazitätsabschätzung für das Jahr 2050 herangezogen. Sind dann alle Ausbaumöglichkeiten der derzeit vorliegenden Genehmigungen durchgeführt, steht eine Erzeugungskapazität von insgesamt 10.044 MW mit etwa 38.200 GWh Energieausbeute zur Verfügung.

Tabelle 1: Berücksichtigte Systeme zur Erzeugung und für Bezug von Strom in Niedersachsen

Erneuerbare Energie:	Wind onshore	<ul style="list-style-type: none"> Windenergieanlagen an Land einschließlich Repowering
	Wind offshore	<ul style="list-style-type: none"> Windenergieanlagen auf See in den Offshore-Gebieten in der Nordsee, Anlandung nach Niedersachsen
	Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> PV-Anlagen als Fassaden- oder Dachanlagen
	Biogas/Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> Bioenergiedörfer, Biogasanlagen, Holzhackschnitzelheizwerke, ...
	Wasserkraft	<ul style="list-style-type: none"> Laufwasserkraftwerke, insbesondere Kleinanlagen
	Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> Abfallverbrennung und Ersatzbrennstoffkraftwerke
Fossile Energieträger:	Steinkohle	<ul style="list-style-type: none"> Kohlekraftwerke als Kondensationskraftwerke oder mit zusätzlicher Wärmeauskopplung (KWK)
	Erdgas (Gaskraftwerke, GuD)	<ul style="list-style-type: none"> mit Erdgas betriebene Gas- und kombinierte Gas- und Dampfkraftwerke
	Erdgas-BHKW	<ul style="list-style-type: none"> Blockheizkraftwerke (BHKW), betrieben mit Erdgas oder ins Gasnetz eingespeistes Biogas
Atom:		<ul style="list-style-type: none"> AKW Unterweser mit 1.345 MW/10.572 GWh bis 2012 AKW Grohnde mit 1.360 MW/10.690 GWh bis 2018 AKW Emsland mit 1.329 MW/10.446 GWh bis 2020
Sonstige Energieträger:	Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> Deponiegas, Klärgas, Heizöl, Schweröl
Strombezug durch Import:	HGÜ Norwegen	<ul style="list-style-type: none"> Seekabel für Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) als Baustein des von der EU geplanten neuen europäischen HGÜ-Netzes zum Austausch großer Energiemengen; nutzbar zum Bereitstellen von Regelenergie

⁸ Energiebilanz 2004: Tabelle 6 auf Seite 9

⁹ Genehmigungsdaten sind im Internet veröffentlicht unter www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/index.jsp

» **Photovoltaik**

In Niedersachsen wurden im Jahr 2004 etwa 24 GWh¹⁰ durch Photovoltaikanlagen erzeugt. Das mögliche Potenzial in Norddeutschland wird in der Studie des Bremer Energie-Instituts für den Zukunftsrat Hamburg zur Entwicklung der Energieversorgung in Norddeutschland [BEI 2007] abgeschätzt. Dabei wird für Norddeutschland eine Steigerung des Stromertrags (Effizienzsteigerung) von 895 kWh/kWp in 2005 um 0,5 Prozent jährlich auf 963 kWh/kWp in 2020 erwartet. Außerdem wird ein Ausbau der Photovoltaikanlagen von 167 MWp mit einem Jahresertrag von 149 GWh auf 1.226 MWp in 2020 mit 1.180 GWh abgeschätzt¹¹.

Der derzeitige Anteil von Niedersachsen an der Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen beträgt mit 24 GWh etwa 16 Prozent des norddeutschen Anteils. Bei gleich bleibendem Anteil sind damit für Niedersachsen in 2020 etwa 190 GWh bei einer installierten Leistung von 200 MWp zu erwarten. Für 2050 wird eine weitere Verdoppelung der installierten Leistung ohne Anstieg des Stromertrags angenommen, so dass dann 380 GWh bei installierten 400 MWp durch Photovoltaik-Anlagen auf Dächern und an Fassaden zur Verfügung stehen.

» **Biomasse und Abfälle**

Unter diesem Punkt wird im Szenario die Stromerzeugung durch Biogas, biogene Festbrennstoffe und biogene flüssige Stoffe sowie Abfälle zusammengefasst. In 2004 wurden durch Biomasse und Abfälle in Niedersachsen 813 GWh¹² Strom erzeugt. Mittlerweile hat sich der Anteil deutlich erhöht. Die für die energetische Biomassennutzung verwendeten landwirtschaftlichen Flächen haben sich in 2005 verdreifacht und in 2006 verfünffacht, jeweils bezogen auf den Wert von 2004 [ML 2007].

Aktuell werden in Niedersachsen ca. 700 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von 350 MW betrieben [ML 2007]. Dies entspricht bei 8.300 Volllaststunden einer erzeugten Strommenge von 2.905 GWh. Dieser Betrag wird als aktualisierter Ausgangswert für das Grüne Energieszenario herangezogen.

Die erhebliche Flächenkonkurrenz zwischen dem Anbau von Energiepflanzen und der Lebensmittelproduktion zeigt sich insbesondere schon durch einen starken Anstieg der Pachtpreise in der Region Vechta-Cloppenburg. Daher wird nur ein moderater weiterer Ausbau der Biomassennutzung vorgesehen, und zwar in Form der integrierten Kraft-Wärme-Nutzung von Biogas und Holzhackschnitzel für eine Dorfgemeinschaft analog des Konzeptes für das Bioenergiedorf Jühnde¹³. Bis 2020 werden 100 zusätzliche Bioenergiedörfer mit einer Jahresproduktion von je 4 GWh Strom und 4,3 GWh Wärme erwartet, bis 2050 wird der Ausbau auf 400 Bioenergiedörfer mit insgesamt 1.600 GWh_{el} und 1.720 GWh_{th} vorgesehen.

Bei der Nutzung der Abfälle zur Stromerzeugung wird kein Anstieg der derzeit erzeugten Energiemenge unterstellt, da die Müllvermeidung im Vordergrund steht. Die bisher nur unzureichend zur Energieerzeugung genutzten biogenen Abfälle aus der Landwirtschaft, Gastronomie oder Lebensmittelproduktion sind bei der Abschätzung des Biomassepotenzials nicht mit berücksichtigt.

» **Wasserkraft**

Die Wasserkraft wird in dem Szenario nur berücksichtigt, soweit es sich um Laufwasserkraftanlagen handelt. Nur diese stellen eine kontinuierliche Grundlast zur Verfügung. Pumpspeicherwerke sind keine originären Energieerzeuger. Sie dienen nur als Pufferspeicher für Regelenergie und gehen daher in die Berechnung der erzeugbaren Energiemenge nicht ein.

Mit dem Neubau von Kleinwasserkraftanlagen können durchaus noch Potenziale in Niedersachsen genutzt werden. Diese stehen vor allem an vorhandenen auch kleinen Stauwehren zur Verfügung, bei denen mit dem Einbau der Wasserkraftanlage die ökologischen Bedingungen verbessert werden. Besonders geeignet sind dazu Wasserkraftschnecken¹⁴, die ab einer Leistung von etwa 15 kW wirtschaftlich betrieben werden können. Da eine genaue Abschätzung

¹⁰ Energiebilanz 2004: Tabelle 6 auf Seite 9

¹¹ BEI 2007: Tabelle 22 auf Seite 55

¹² Energiebilanz 2004: Tabelle 6 auf Seite 9

¹³ Datenblatt des Bioenergiedorfes Jühnde [Bioenergiedorf 2006]: Biogasanlage mit BHKW mit 700 kW_{el} Leistung und Energiebereitstellung von 4.000 GWh_{el} sowie 2.800 GWh_{th}, zusätzlich Biomasseheizwerk mit 1.500 GWh_{th}

¹⁴ Hersteller ist die Firma Ritz-Atro in Nürnberg, www.ritz-atro.de

nicht möglich ist, wird im Szenario die Stromausbeute aus Wasserkraft in 2020 und 2050 nicht erhöht gegenüber dem Basiswert von 2004 in Höhe von 309 GWh¹⁵.

» **Erdgas-Kraftwerke (Gaskraftwerke, GuD-Kraftwerke)**

Im Land Niedersachsen werden bislang mindestens vier Gaskraftwerke¹⁶ betrieben. Wird bei diesen Kraftwerken der Dampfkreislauf mit angeschlossener Dampfturbine und Generator nicht nur durch einen Gasbrenner im Kessel erhitzt sondern zunächst durch eine vorgeschaltete Gasturbine Strom erzeugt und danach die Turbinenabgase zur Aufheizung des Dampfkreislaufes genutzt, wird der Energieinhalt des Erdgas deutlich vollständiger ausgenutzt. Solche Gas- und Dampfkraftwerke (GuD) haben einen Wirkungsgrad von knapp 60 Prozent gegenüber 35 Prozent bei normalen Gaskraftwerken.

Insgesamt wird durch Erdgas in Niedersachsen im Jahr 2004 laut dem Energiebericht etwa 11,8 Prozent des gesamten Stroms erzeugt¹⁷. Dieser Anteil von 7.832 GWh ist noch um den der auch mit Erdgas betriebenen Blockheizkraftwerke (BHKW) in Höhe von 1.945 GWh¹⁸ zu vermindern. Der Anteil der Stromerzeugung durch Erdgaskraftwerke oder GuD-Kraftwerke hat damit einen Umfang von etwa 5.890 GWh. Eine Erweiterung ist im Szenario nicht vorgesehen, lediglich Ersatzbeschaffungen zur Aufrechterhaltung der Kapazität.

» **Erdgas-BHKW**

Blockheizkraftwerke werden in verschiedenen Leistungsgrößen betrieben. Anlagen von mehreren 100 kW Leistung benötigen ein Wärmenetz, um die entstehende Wärme auch im Sommer abführen zu können. Die Anlagen werden zur Zeit mit Erdgas betrieben. Dazu kann zukünftig auch in das Erdgasnetz eingespeistes aufbereitetes Biogas verwendet werden. Aus derartigen BHKW-Anlagen werden derzeit 1.945 GWh Strom gewonnen. Die bestehenden Anlagen werden im Szenario für die Jahre 2020 und 2050 fortgeschrieben.

Laut der Studie des Bremer Energie-Instituts [BEI 2007] besteht für Norddeutschland bis 2020 ein Potenzial für den Neubau und Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmenetzen im Umfang von insgesamt 5,6 GW_{el} und einer Erzeugungskapazität von 22.200 GWh_{el}¹⁹. Der Anteil für Niedersachsen beträgt etwa 49 Prozent, d. h. insgesamt 11.000 GWh_{el}²⁰. Das Ausbaupotential der mittleren Kraft-Wärme-Kopplung im Leistungsbereich von 1 bis 100 MW für die Nutzung durch Erdgas-BHKW beträgt dabei etwa 29 Prozent mit einer Erzeugungskapazität von 3.200 GWh_{el}²¹. Für Niedersachsen werden diese BHKW mittlerer Leistung benötigt, um ab 2020 die Warmwasser-Fernwärmenetze umzustellen von der Versorgung durch Steinkohle-Kraftwerke. Bis 2050 wird abgeschätzt, dass bei der mittleren KWK lediglich ein Ersatzbau betrieben wird, um die Abschaltung der Kohle-Heizkraftwerke aufzufangen. Die Kapazität wird dazu nur verdoppelt auf 6.400 GWh_{el}.

Erweiterungen sind vorgesehen bei der kleinen Kraft-Wärme-Kopplung über so genannte Objekt-BHKW. Die dafür eingesetzten Klein-BHKW mit einer Leistung von etwa 20 kW_{el} bzw. Mini-BHKW mit einer Leistung von etwa 5 kW_{el} benötigen kein umfangreiches innerörtliches Wärmenetz. Das vorhandene Wärmenetz in den Gebäuden und der Wärmebedarf für die Warmwasserversorgung reichen vollkommen aus, um auch im Sommer eine ausreichende Wärmesenke für den wirtschaftlichen Betrieb bereitzustellen. Derzeitige Erfahrungen zeigen, dass ein Klein-BHKW für die Versorgung von etwa 40 Wohnungen in einem Gebäude mit zentraler Warmwasserversorgung wirtschaftlich betrieben werden kann. Für ein Mini-BHKW werden etwa 10 Wohnungen benötigt. Die Amortisation der Objekt-BHKW kann bei heutigem Preisniveau durch Verkauf des erzeugten Stroms und der Wärme in einem kurzen Zeitraum von etwa 5 Jahren realisiert werden.

¹⁵ Energiebilanz 2004: Tabelle 6 auf Seite 9

¹⁶ Kraftwerk Emden, Kraftwerk Emsland, Kraftwerk Hannover-Linden, Heizkraftwerk Wolfsburg-Nord

¹⁷ Energiebilanz 2004: Abschnitt 15.4 auf Seite 21

¹⁸ Energiebilanz 2004: Zeile 10 in Tabelle 4 auf Seite 7

¹⁹ BEI 2007: Tabelle 18 auf Seite 49

²⁰ BEI 2007: Abb. 13 auf Seite 46

²¹ BEI 2007: Tabelle 7 auf Seite 26

Auch die in Altbauten häufig anzutreffenden Gas-Etageheizungen können auf Kraft-Wärme-Kopplung umgestellt werden. Dafür eignen sich Micro-BHKW mit ca. 1 kW elektrischer Leistung und ca. 5 bis 12 kW thermischer Leistung²². Zukünftig können dafür auch Brennstoffzellen für direkten Erdgas-Betrieb ohne Reformier²³ eingesetzt werden.

Die Objekt-BHKW können von den örtlichen Heizungsbauern als Ersatz für klassische Heizungsanlagen in die Heizungsräume von größeren Wohnhäusern eingebaut werden. Werden dafür Mini-BHKW benutzt, steht von jedem installierten Objekt-BHKW eine elektrische Leistung von 5 kW und eine Wärmeleistung von 12,3 kW zur Verfügung²⁴. Für einen wirtschaftlichen Betrieb in der Wärmeversorgung ist eine mindestens 70-prozentige Auslastung über das Jahr erforderlich. Für diese 6.200 Volllastbetriebsstunden werden die Objekt-BHKW wärme gesteuert gefahren. Die so erzeugte elektrische Leistung steht im Stromnetz mit jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen je nach dem Wärmebedarf zur Verfügung. Durch eine überlagerte Bedarfssteuerung nach dem Strombedarf kann in der weiteren möglichen Einsatzzeit der Objekt-BHKW von etwa 2.100 Stunden der Spitzenbedarf des örtlichen Energieversorgers abgedeckt werden. Dafür erhält der Energieversorger Zugriff auf die Steuerung und kann viele so ausgerüstete Objekt-BHKW zu einem virtuellen Kraftwerk zusammenschalten²⁵. Solche Lösungen werden seit vielen Jahren erfolgreich in Dänemark eingesetzt. Insgesamt werden von einem Mini-BHKW während der gesamten Betriebsdauer von maximal 8.300 Volllaststunden etwa 41,5 MWh elektrischer Energie im Jahr zur Verfügung gestellt.

In Niedersachsen existieren laut der Landesstatistik [NLS 2006] etwa 3,7 Mio. Wohnungen. Im Szenario wird angenommen, dass ca. 50 Prozent davon in städtischen Agglomerationen mit Mehrfamilienhäusern oder nahe beieinander liegenden Häusern anzutreffen sind, die geeignet für den Einsatz von Objekt-BHKW sind. Die Heizungen von je 10 dieser etwa 1,85 Mio. Wohnungen könnten durch je ein Mini-BHKW ersetzt werden, ohne dass Investitionen in ein örtliches Wärmenetz erforderlich werden. Damit existiert langfristig ein Potenzial von etwa 185.000 Objekt-BHKW in der Größenordnung von Mini-BHKWs mit 5 kW elektrischer Leistung bzw. 46.250 Klein-BHKWs mit 20 kW_{el}. Unter der Annahme einer jährlichen Ausbauquote von 4.400 Mini-BHKW pro Jahr stehen bis 2020 in Niedersachsen etwa 52.800 BHKW mit 264 MW Leistung und 2.191 GWh jährlich bereitgestellter Energie zur Verfügung. Bis 2050 wird der maximale Ausbauzustand mit 185.000 Anlagen und insgesamt 925 MW Leistung sowie 7.678 GWh bereitgestellter elektrischer Energie erreicht.

Bezogen auf die Einwohnerzahl von Niedersachsen mit etwa 8 Mio. Einwohnern hat eine Stadt wie Göttingen mit ca. 125.000 Einwohnern einen Anteil von etwa 1,6 Prozent. Von den landesweit 4.400 durch Austausch der Heizungsanlagen zu errichtenden Mini-BHKW mit 5 kW_{el} müssten in Göttingen pro Jahr etwa 70 errichtet werden bzw. 18 Klein-BHKW mit 20 kW_{el}. Im Mittel müssten jedes Jahr etwa 1 Mini-BHKW pro 2.000 Einwohner bzw. 1 Klein-BHKW pro 8.000 Einwohner errichtet werden.

» Steinkohlekraftwerke

Im Jahr 2004 wurden durch Steinkohlekraftwerke in Niedersachsen eine Energiemenge von etwa 11.900 GWh erzeugt²⁶. Im Grünen Energieszenario wird im Gegensatz zu den derzeitigen Planungen der Energiekonzerne²⁷ kein Ausbau der Kohleverstromung vorgesehen. Bis zum Jahr 2050 ist im Szenario die Abschaltung aller Kohlekraftwerke im Land vorgesehen. Die zur Versorgung von Wärmenetzen genutzten Heizkraftwerke auf Steinkohlebasis werden ab 2020 sukzessive durch eine Vielzahl von dezentralen Erdgas-BHKW ersetzt. Dies entspricht der in Dänemark schon seit langem bewährten Lösung. Die durch die Heizkraftwerke erzeugte Strommenge von 2.360 GWh wird ab 2050 bei den Erdgas-BHKW zusätzlich berücksichtigt. Sukzessiv können diese BHKW auch mit Biogas gespeist werden, das in das Gasnetz eingespeist wird.

²² Micro-BHKW mit Stirling-Motor von WhisperGen (www.whispergen.com) werden zur Zeit von der GASAG in Berlin (www.gasag.de) erprobt. Sie haben eine Leistung von 1 kW_{el} und 7,5 kW_{th}, sowie einen Zusatzbrenner für 4,5 kW_{th}. Ein ähnliches System wird auch von Honda derzeit für den japanischen Markt angeboten (www.honda.de).

²³ Ein Micro-BHKW mit Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) – NetGen plus – wird zur Zeit von der australischen Firma Ceramic Fuel Cells Limited für den deutschen Markt entwickelt (www.cfcl.com.au).

²⁴ Daten für das Mini-BHKW von Senertec, Typ Dachs G 5.0 Low NOx mit 5 kW_{el} und 12,3 kW_{th}, www.senertec.de

²⁵ Die virtuellen Kraftwerke auf Basis der BHKW können sehr gut zusammengeschaltet werden mit den von Enercon geplanten Kombikraftwerken [IKEE 2007] aus Windkraftanlagen, PV-Anlagen und Biogasanlagen, da grundsätzlich dieselbe Vernetzungstechnik angewendet wird.

²⁶ Energiebilanz 2004: Anteil der Steinkohlekraftwerke an der Bruttostromerzeugung von 66.400 GWh beträgt 17,9 Prozent d. h. etwa 11.900 GWh; Abschnitt 15.4 auf Seite 21

²⁷ Planungen von neuen Kohlekraftwerken existieren in Stade, Wilhelmshaven und Dörpen

Bis 2020 wird eine Reduktion der in Kohlekraftwerken erzeugten Strommenge um 2.000 GWh vorgesehen durch eine Zuordnung des in den 70er Jahren errichteten Kohlekraftwerks in Wilhelmshaven in die Kaltreserve. Ein Vollzeitbetrieb dieses Kraftwerks ist damit nicht mehr erforderlich.

» **Braunkohlekraftwerke**

In Niedersachsen wird von E.ON im Braunkohlerevier Helmstedt das Braunkohlekraftwerk Buschhaus mit 380 MW Leistung und einer bereitgestellten Energiemenge von 2.700 GWh bei 7.100 Volllast-Betriebsstunden betrieben²⁸. Da ein wirtschaftlicher Abbau der Braunkohle im Revier Helmstedt nur noch bis 2015 möglich ist²⁹, wird die Stromerzeugung durch Braunkohle daher im Szenario ab 2020 nicht mehr berücksichtigt.

» **Stromimport (HGÜ Norwegen)**

Die derzeitigen Übertragungskapazitäten zwischen den weitgehend abgeschotteten Netzen der einzelnen Energiekonzerne ermöglichen nur den Austausch geringer Strommengen. Dies zeigte sich exemplarisch bei dem europaweiten Stromausfall im Herbst 2006, der durch die Abschaltung einer Transportleitung bei Papenburg verursacht wurde. Diese alten Netzstrukturen sind nicht geeignet, um langfristig einen Ausgleich der Energiemengen innerhalb Europas sicherzustellen. Die EU-Kommission plant dazu die Errichtung eines neuen europaweiten Netzes zur Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ). Mit diesem HGÜ-Netz sollen langfristig die meteorologisch begründeten Unterschiede in der Produktion von Windstrom europaweit ausgeglichen werden [Czisch 2005].

Ein Baustein dazu kann das von der EWE AG aus Oldenburg geplante neue HGÜ-Kabel (NorGer-Kabel) von Kristiansand in Norwegen nach Wilhelmshaven sein. Das NorGer-Kabel ist ausgelegt für eine Übertragungsleistung von 700 MW. Mit diesem Konzept ist ein direkter Stromausgleich zwischen Niedersachsen und Norwegen möglich. Damit kann Überschussenergie aus Windstrom nach Norwegen geliefert werden bzw. bei Flaute Strom aus Wasserkraft nach Niedersachsen. Dieses Projekt soll bis 2011 realisiert werden³⁰.

Im Grünen Energieszenario wird die Einrichtung des NorGer-Kabels bis 2020 berücksichtigt. Bei der vorgesehenen Übertragungsleistung von 700 MW kann insgesamt im Jahr eine Energiemenge von knapp 5.600 GWh bei einer Verfügbarkeit von 8.000 Volllaststunden übertragen werden. Da das Kabel einen Austausch in beiden Richtungen ermöglicht, wird ab 2020 eine Einspeisemöglichkeit von norwegischer Wasserkraft nach Niedersachsen im Umfang der halben übertragbaren Jahresenergie von 2.800 GWh berücksichtigt. Dieser Betrag wird im Szenario auch für 2050 berücksichtigt, da der Ausbau des europaweiten HGÜ-Netzes noch nicht abzusehen ist.

» **Bereitstellung von Ausgleichsenergie**

Für die Bereitstellung von Ausgleichsenergie (Regelenergie) eignen sich insbesondere die zu einem virtuellen Kraftwerk vernetzten Blockheizkraftwerke (BHKW). Die Vernetzung muss dabei landesweit vorgenommen werden. Mit den heutigen technischen Möglichkeiten über das Internet ist dies problemlos realisierbar. Objekt-BHKW eignen sich dafür besonders, da sie kein innerörtliches Leitungsnetz benötigen sondern nur das vorhandene Wärmenetz des Objektes benutzen. Dieses wird ergänzt durch einen durch einen zusätzlichen Wärmespeicher, um die durch die Stromsteuerung der Objekt-BHKW nicht sofort abnehmbare Wärme zwischenspeichern zu können. Die zentrale Steuerung als virtuelles Kraftwerk könnte von einer niedersächsischen Energiegesellschaft bereitgestellt werden, unter Beteiligung der lokalen Energieversorger und einer künftigen Klimaschutzagentur in Niedersachsen.

Bei Berücksichtigung dieser Parameter im Grünen Energieszenario reduziert sich durch Abschaltung der Atomkraftwerke die im Land erzeugte Strommenge von 67.312 GWh in 2004 um etwa 24 Prozent auf dann 51.171 GWh in 2020 (Tabelle 2). Durch die Möglichkeit des direkten Stromimport über das HGÜ-Kabel nach Norwegen (NorGer-Kabel) können jährlich mindestens weitere 2.800 GWh in Niedersachsen bereitgestellt werden. Die im Land zur Verfügung stehende Strommenge reduziert sich daher nur um etwa 20 Prozent auf 53.971 GWh.

In 2050 erhöht sich durch den verstärkten Einsatz der zum virtuellen Kraftwerk zusammenschalteten Objekt-BHKWs und den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere der Windenergie onshore und offshore, die Eigenproduktion in Niedersachsen wieder um 30.777 GWh auf insgesamt 81.948 GWh trotz Abschaltung der Kohlekraftwerke. Die erweiterte Austauschmöglichkeit mit Norwegen über das NorGer-Kabel bleibt erhalten und erhöht die verfügbare

²⁸ Energiebilanz 2004: Abschnitt 15.4 auf Seite 19

²⁹ Angaben in der Technikbroschüre der BKB auf Seite 4, www.bkb.de

³⁰ Pressemeldung der EWE AG Oldenburg vom 01.12.2006

Energiemenge mit 84.748 GWh auf knapp 130 Prozent der 2004 bereitgestellten Energiemenge von etwa 67.312 GWh. Der Anteil der im Land durch erneuerbare Energien erzeugten Energiemenge steigt von 10.692 GWh (16 Prozent) in 2004 über 27.169 GWh (50 Prozent) in 2020 auf 59.159 GWh (70 Prozent) in 2050 (Abb. 1, Tabelle 2).

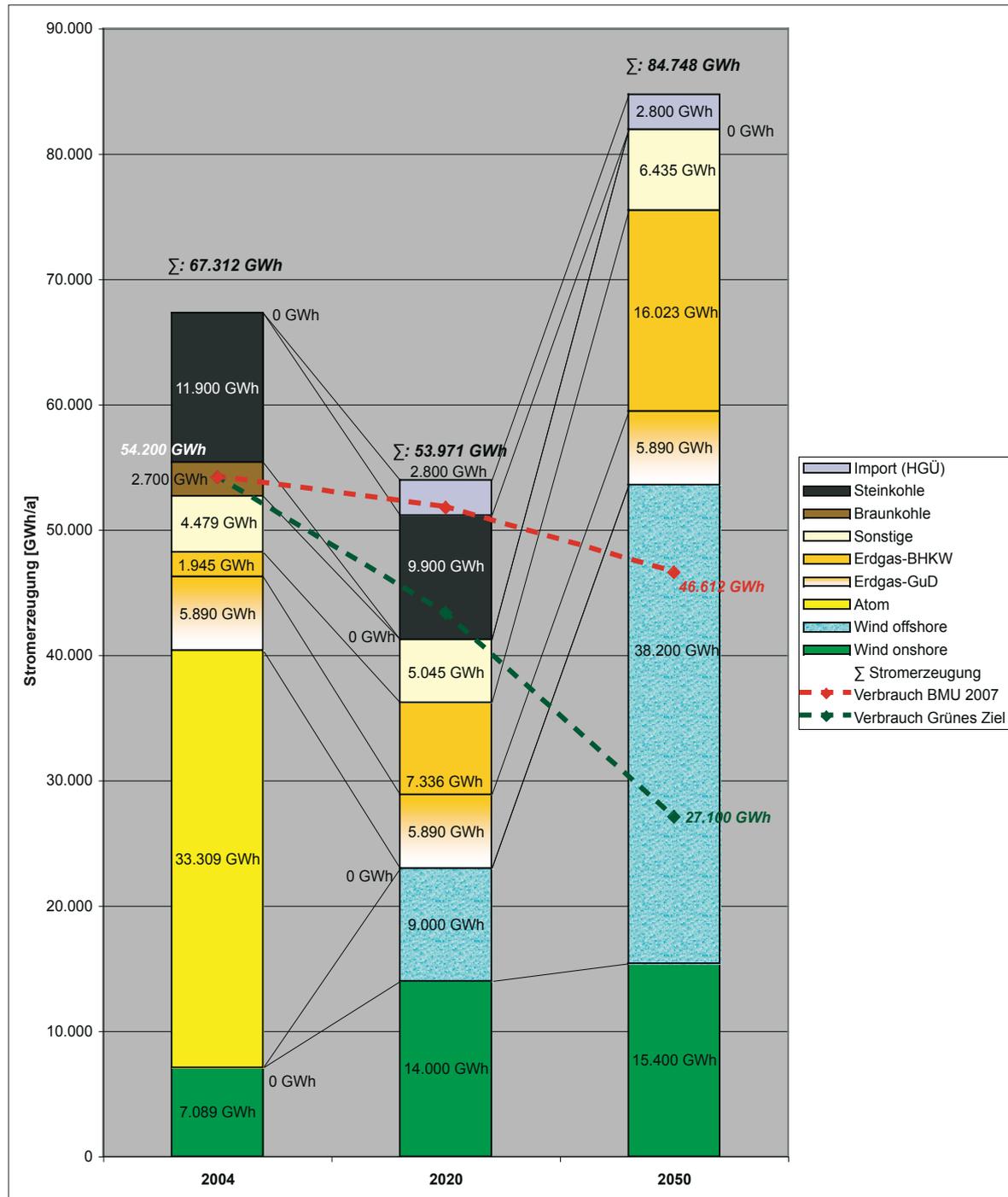


Abb. 1 : Aufteilung des verfügbaren Stroms auf die Erzeugungsarten

- Erzeugung in Niedersachsen und Import (HGÜ Norwegen)
- Zur Info ist der maximal zu erwartende Stromverbrauch nach dem Szenario der BMU-Leitstudie 2007 und der minimal zu erwartende des Grünen Ziels (-20% / -50%) angegeben
- Abschaltung des Braunkohlekraftwerks Buschhaus nach 2015 und der Steinkohlekraftwerke nach 2020

2.1.2 CO₂-Emissionen durch die Stromerzeugung

Um die Wirkung der Maßnahmen auf die in Niedersachsen entstehenden CO₂-Emissionen zu berücksichtigen und mit den europaweiten Vorgaben zu vergleichen, werden CO₂-Äquivalente für die verschiedenen Stromerzeugungsarten herangezogen. Dazu werden die Daten aus GEMIS³¹ [Öko-Institut 2007] verwendet. Sie berücksichtigen den eigentlichen Umwandlungsprozess und die vorgelagerten Prozesse wie Gewinnung und Transport, nicht aber die Entsorgung. Für den Import über das HGÜ-Netz werden keine CO₂-Emissionen in Niedersachsen angenommen, da die Erzeugung nicht hier im Land stattfindet. Für Niedersachsen ergibt sich damit eine CO₂-Emission durch die Stromerzeugung von knapp 19 Mio. t/a in 2004 (Tabelle 2). Sie reduziert sich in 2020 auf 15 Mio. t/a und in 2050 auf 11 Mio. t/a.

Um den Erfolg der bisherigen und künftigen Maßnahmen zur CO₂-Minderung nach dem Kyoto-Protokoll zu beurteilen, werden die Ausgangsdaten der CO₂-Emissionen des Jahres 1990 herangezogen. Laut der Energie- und CO₂-Bilanz 2004 betragen die CO₂-Emissionen durch die Stromerzeugung im Land Niedersachsen etwa 19,5 Mio. t³². Bundesweit wurden im Jahr 1990 lt. den Daten des Umweltbundesamtes [UBA 2007] durch die Stromerzeugung 415 Mio. t CO₂³³ emittiert. Daran hat das Land Niedersachsen einen Anteil von 4,5 Prozent.

Für die künftige bundesweite Entwicklung der CO₂-Emissionen durch die Stromproduktion werden die Daten aus der Leitstudie 2007³⁴ des BMU herangezogen. Die durch die Stromerzeugung bedingten CO₂-Emissionen in Deutschland werden sich durch die vorgeschlagenen Maßnahmen von 315 Mio. t in 2005 auf 265 Mio. t in 2020 und 43 Mio. t in 2050 reduzieren (Tabelle 2).

2.2 Stromverbrauch

Für den zu erwartenden Stromverbrauch gibt es verschiedene Ansätze. Die Prognosen der Internationalen Energie-Agentur (IEA) und des Hamburger WeltWirtschaftsinstituts (HWWI)³⁵ gehen immer noch von einer Steigerung des Verbrauchs³⁶ bei einem realen Anstieg der Wirtschaftswachstums aus. Diese Prognosen haben bisher, auch bei Berücksichtigung des Wirtschaftswachstums, immer eine erhebliche Überbewertung des erwarteten Verbrauchs im Vergleich zu den real eingetretenen Entwicklungen gezeigt. Insbesondere die erheblichen Potenziale in Industrie, Gewerbe, Handel und bei den privaten Verbrauchern Strom einzusparen, werden nicht berücksichtigt. Desgleichen fehlen auch Verbrauchsreduzierungen durch Effizienzsteigerungen der Elektrogeräte wie z. B. Verzicht auf Stand-by-Schaltungen oder bessere Wärmeisolierungen. Auch die Minderungspotenziale durch den Verzicht auf die unter ökologischen Gesichtspunkten unverantwortlichen Elektroheizungen und Elektro-Wärmepumpen für Flach-Geothermie werden darin nicht berücksichtigt.

Gerade die anspringende Konjunktur in 2006 hat gezeigt, dass sich die CO₂-Emissionen vom Anstieg des realen Wirtschaftswachstums entkoppelt haben³⁷. Wirtschaftswachstum ist daher nicht automatisch mit einem Verbrauchsanstieg und CO₂-Mehrausstoß verbunden.

Das Grüne Energieszenario für Niedersachsen berücksichtigt diese Tendenz durch drei mögliche realistische Abschätzungen der Reduktion des Stromverbrauchs im Land (Tabelle 3). Das erste Verbrauchsszenario verwendet die Annahmen der Leitstudie 2007 des Bundesumweltministeriums (BMU)³⁸, das zweite die der Studie des Bremer Energie-Instituts (BEI)³⁹, die auf dem Aktionsplan der EU zur Ausschöpfung von Effizienzsteigerungen basiert, und das als Drittes gewählte Grüne Ziel geht von erhöhten Einsparpotenzialen aus in der Größenordnung von erreichbaren 20 Prozent

³¹ Datenbank GEMIS 4.2 des Öko-Instituts, www.gemis.de

³² Energiebilanz 2004: Tabelle 13 auf Seite 13

³³ UBA Klimaschutz in Deutschland: Abb. 1 auf Seite 4 und Tabelle 3 auf Seite 20 [UBA 2007]

³⁴ BMU-Leitstudie 2007: Tabelle 10 auf Seite 88

³⁵ Pressebericht dpa vom 30. 11. 2007

³⁶ IEA: 0,6 Prozent pro Jahr, HWWI 0,5 Prozent pro Jahr

³⁷ Beitrag von Franzjosef Schaffhausen zum Emissionshandel, Seite 382 [Müller 2007]

³⁸ BMU-Leitstudie 2007: Tabelle 8 auf Seite 88

³⁹ BEI-Studie: Abbildung 21 auf Seite 60

bis 2020 und 50 Prozent bis 2050. In der BEI-Studie sind keine Abschätzungen des Verbrauchs für 2050 enthalten. Für die Fortschreibung bis 2050 wird eine gleich bleibende Entwicklung der Effizienzsteigerung angenommen auf dann insgesamt 30 Prozent.

Tabelle 3: Angewendete Verbrauchsminderungen im Grünen Energieszenario für Niedersachsen

	Reduktion des Stromverbrauchs in Bezug auf 2005	
	bis 2020	bis 2050
Leitszenario BMU	- 4,5%	- 14%
EU-Reduktionsplan	- 13%	(- 30%)
Grünes Ziel	- 20%	- 50%

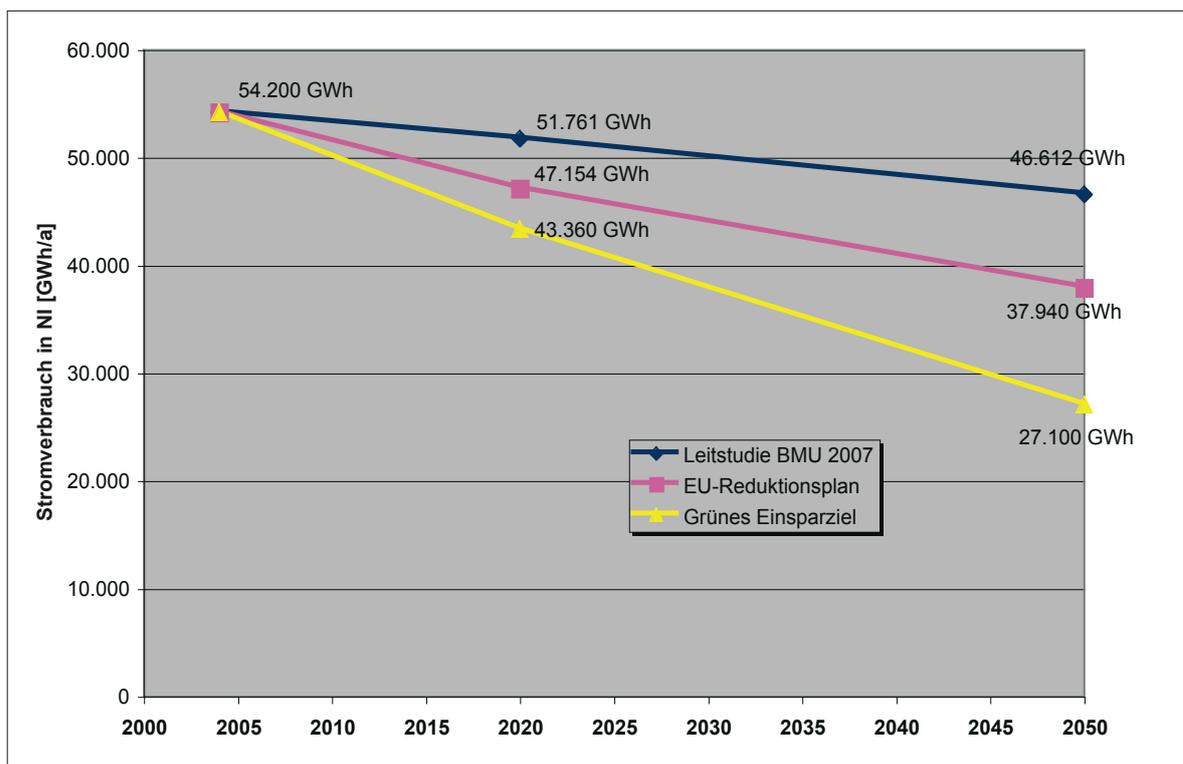


Abb. 2: Entwicklung des Stromverbrauchs in Niedersachsen
 • Die Stromverbrauchsdaten in Niedersachsen für das Ausgangsjahr 2004 sind der Energiebilanz für 2004 mit 54.200 GWh⁴⁰ entnommen.

⁴⁰ Energiebilanz 2004: Tabelle 4 Zeile 43 auf Seite 7

2.3 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios

2.3.1 Energiemix

Das Grüne Energieszenario zeigt, dass ohne Atomkraft und Kohlekraftwerke genügend Strom in Niedersachsen für Industrie, Gewerbe, Handel und die privaten Verbraucher zur Verfügung steht (Tabelle 2). Mit erneuerbaren Energien und durch die beginnende europaweite wirksame Vernetzung mit einem ersten HGÜ-Kabel nach Norwegen (NorGer-Kabel) werden schon 2020 etwa 56 Prozent der Energie im Stromnetz CO₂-frei bereitgestellt (Abb. 3); bis 2050 steigt dieser Anteil auf 73 Prozent.

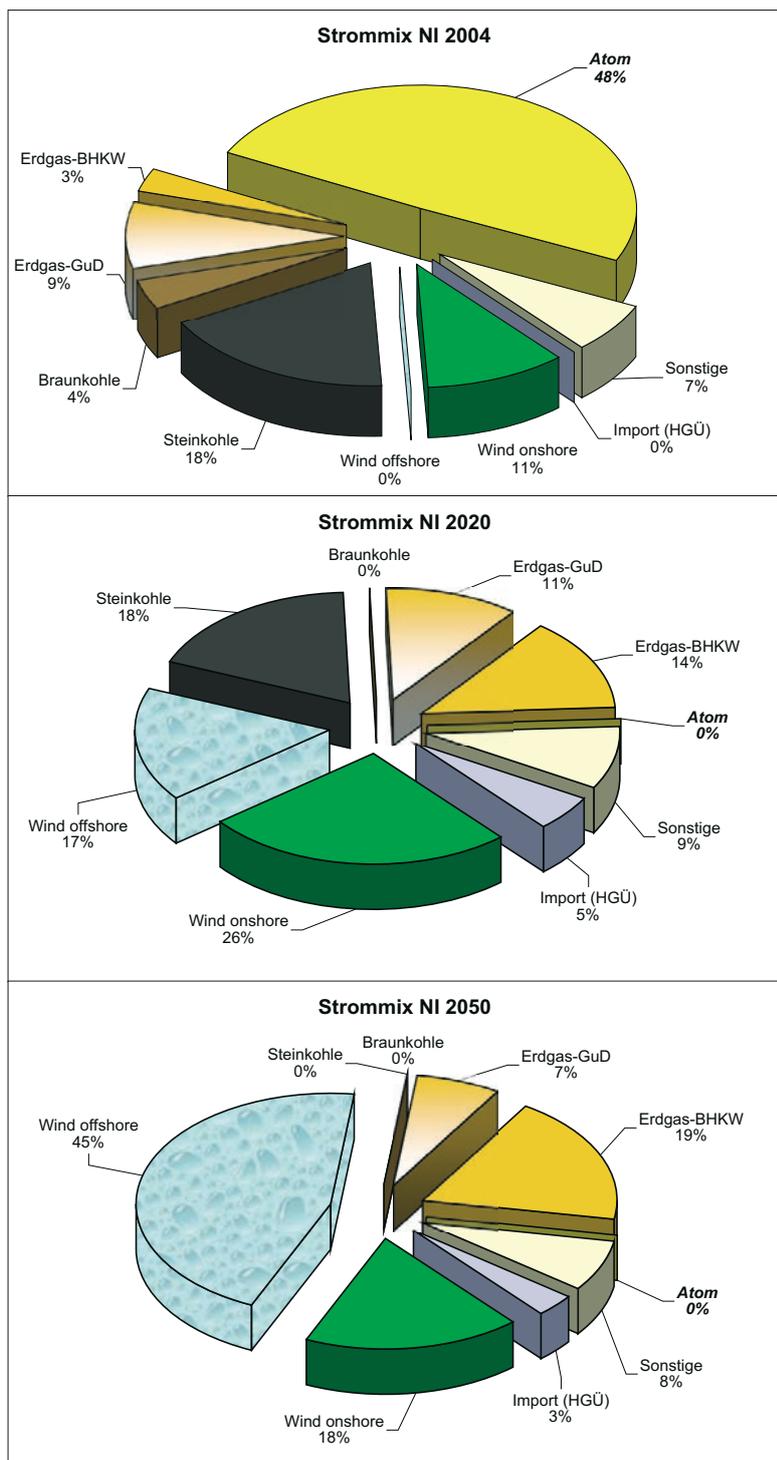


Abb. 3:
Vorausschau des Energiemix für den verfügbaren Strom in Niedersachsen

Die Stromerzeugung in Niedersachsen wird zukünftig im wesentlichen durch die Windenergie geprägt sein. Die Off-shore-Erzeugung wird mit einem Anteil von 45 Prozent den wesentlichen Part übernehmen, die landgestützte Erzeugung etwa 19 Prozent.

2.3.2 Stromverbrauch und Stromerzeugung

Heute produziert Niedersachsen mehr Strom, als im Land verbraucht wird (Tabelle 2). Ca. 13.000 GWh können exportiert werden und erhöhen die Wertschöpfung im Land (Abb. 4). Nach der Abschaltung der Atomkraftwerke und dem Verzicht auf den Neubau von Kohlekraftwerken ist in 2020 eine Unterdeckung von höchstens etwa 590 GWh zu erwarten, wenn die nur geringen Verbrauchssenkungen der BMU-Leitstudie eintreffen. Erfüllen sich hingegen die deutlich höheren Voraussagen für die Verbrauchsminderung wie beim EU-Reduktionsplan oder dem Grünen Ziel, ergibt sich auch in 2020 weiterhin ein Überschuss schon allein durch den im Land erzeugten Strom in Höhe von 4.017 GWh bzw. 7.811 GWh. Die tatsächlich im Land verfügbare Strommenge ist jedoch um bis zu 2.800 GWh höher durch den möglichen Stromimport über das HGÜ-Kabel von Norwegen.

Bis 2050 steigt der Überschuss durch die erheblich ausgeweitete Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien deutlich an und erreicht je nach dem Grad der Verbrauchseinsparung mindestens fast das Dreifache und bei erfolgreicher Einsparung nach dem Grünen Ziel mehr als das Vierfache des Exportvolumens von 2004. Ein erheblicher Erfolg für die Wertschöpfung im Land gerade durch die erneuerbaren Energien und ohne Atomkraft sowie ohne Steinkohle und Braunkohle (Abb. 5).

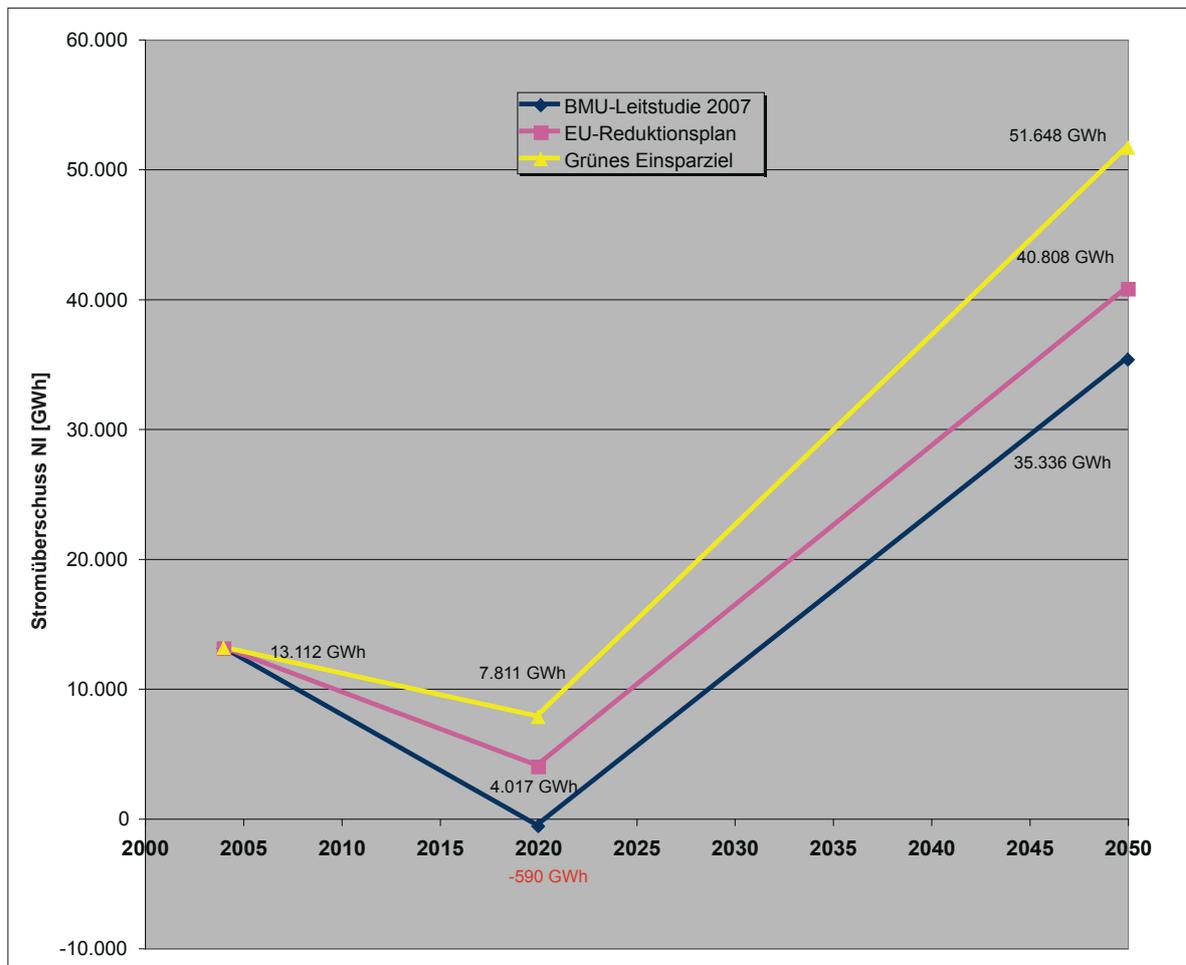


Abb. 4: In Niedersachsen zur Verfügung stehender Überschuss an vor Ort erzeugter elektrischer Energie

Durch den zukünftig sehr viel einfacher möglichen Austausch von Strom über das zu Ausgleichszwecken vorgesehene europaweite HGÜ-Netz können diese Strommengen auch tatsächlich Abnehmer in ganz Europa finden. Die Gewerbesteuererinnahmen für niedersächsische Gemeinden werden durch den Erfolg der erneuerbaren Energie deutlich steigen.

Das rückwärtsgewandte Konzept der Landesregierung und des Energieoligopolisten E.on mit dem Weiterbetrieb der Atomkraftwerke und dem Neubau von Kohlekraftwerken geht vollständig am Bedarf vorbei. Es zerstört die sich im Land entwickelnden mittelständisch geprägten Strukturen der erneuerbaren Energieerzeuger zu Gunsten der Oligopolisten.

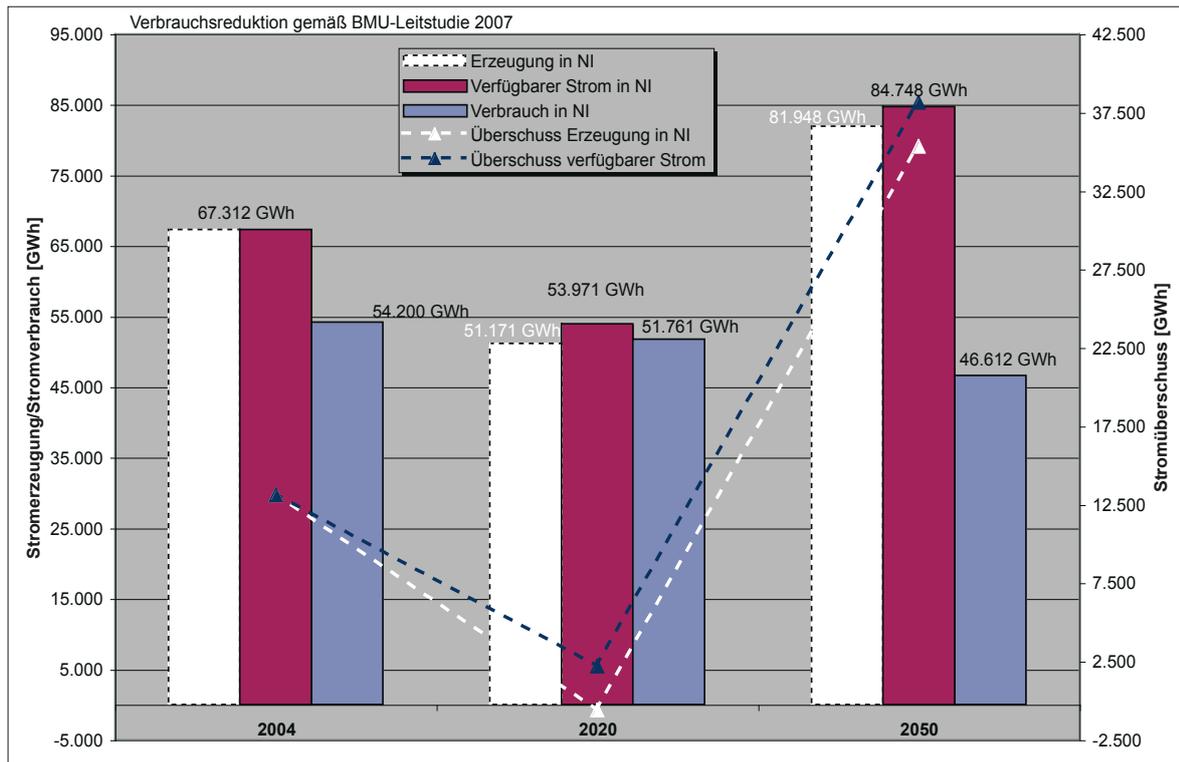


Abb. 5: Vergleich der erzeugten und verfügbaren Strommenge im Vergleich zum höchstens zu erwartenden Gesamtverbrauch sowie der entsprechende Stromüberschuss (----) bei Anwendung der Verbrauchsentwicklung mit der geringsten prognostizierten Verbrauchsabsenkung (BMU-Leitstudie 2007)

2.3.3 Energieausgleich und Engpassleistung

Da Windenergie bei kleinräumiger Betrachtung nicht stetig zur Verfügung steht, wird ein Energieausgleich (Regelenergie) benötigt. Langfristig wird dieser weitgehend durch das zur Zeit von der EU geplante neue europaweite HGÜ-Netz bereitgestellt. Durch das von der EWE AG in Oldenburg für 2011 geplante NorGer-Kabel können etwa 2.800 GWh als Ausgleichsenergie bei insgesamt 700 MW Leistung aus norwegischer Wasserkraft bereitgestellt werden (Tabelle 4).

Durch den Aufbau des landesweiten virtuellen Kraftwerks aus einer Vielzahl von BHKW wird ebenfalls Ausgleichsenergie zur Verfügung gestellt. Bis 2020 steht dazu ein Umfang von 7.336 GWh bei 1.200 MW Leistung⁴¹ bereit und später

⁴¹ Näherungsweise wird die Leistung aus der bereitgestellten Energiemenge bei einer angenommenen mittleren Vollastbetriebsdauer von 6.000 Stunden pro Jahr berechnet.

bis zu 16.023 GWh bei 2.670 MW. Bis 2020 stehen auch noch die teilweise vorhandenen Kohlekraftwerke mit 9.900 GWh bei 1.650 MW Leistung zur Verfügung. Auch die Gaskraftwerke eignen sich zur Bereitstellung von Regelenergie. In Niedersachsen steht auch nach der vollständigen Abschaltung der Kohlekraftwerke nach 2020 mindestens 80 Prozent des Umfangs der heute vorhandenen Ausgleichsenergie zur Verfügung in Höhe von etwa 19.000 GWh.

Tabelle 4: Verfügbare Ausgleichsenergie und Engpassleistung im Grünen Energieszenario

	2004		2020		2050	
	Ausgleichs-energie	Engpass-leistung	Ausgleichs-energie	Engpass-leistung	Ausgleichs-energie	Engpass-leistung
Kohlekraftwerke	14.600 GWh	2.450 MW	9.900 GWh	1.650 MW	0 GWh	0 MW
Erdgaskraftwerke	5.890 GWh	900 MW	5.890 GWh	900 MW		
BHKW (virtuelles Kraftwerk mit Objekt-BHKW)	1.945 GWh	325 MW	7.336 GWh	1.200 MW	16.023 GWh	2.670 MW
HGÜ-Netz (Import)	0 GWh	0 MW	2.800 GWh	700 MW	2.800 GWh	700 MW
	22.435 GWh	3.675 MW	25.926 GWh	4.450 MW	18.823 GWh	3.370 MW

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch im Hinblick auf die Engpassleistung, die z. B. in dem meteorologisch unwahrscheinlichen Fall eines vollständigen Ausfalls der Windenergie die Versorgung übernehmen müsste. Dafür steht in 2020 durch die noch verfügbaren Kohlekraftwerke und Erdgaskraftwerke sowie die schon errichteten BHKWs das etwa 1,2-fache der heutigen Engpassleistung zur Verfügung. In 2050 sinkt diese durch Abschaltung der Kohlekraftwerke und Erweiterung der virtuellen Kraftwerke auf etwa das 0,9-fache der heutigen Werte.

Der Einsatzfall könnte nur bei extremen Sturmverhältnissen auftreten, wenn die Windenergieanlagen schlagartig über das ganze Land abgeschaltet werden müssten. Für diesen äußerst unwahrscheinlichen Fall stehen auch schon jetzt über die heute schon vorhandenen Ausgleichsmöglichkeiten im traditionellen europäischen Verbund Reserveleistungen zur Verfügung. Außerdem ist zukünftig durch die Absenkung des Energieverbrauchs und die gleichmäßigere Verteilung der Energieerzeugung über das Land durch die vermehrte Verwendung von BHKW eine deutliche Reduzierung der Leistungsspitzen im Verbrauch zu erwarten. Außerdem ist mit der Errichtung der Offshore-Windparks vorgesehen, dass die dort eingesetzten Windkraftanlagen auch zur Bereitstellung von Ausgleichsenergie ausgerüstet werden sollen.

2.3.4 CO₂-Emissionen

Aufgrund des schon 1990 hohen Anteils der Atomkraft an der Stromerzeugung in Niedersachsen (zur Zeit noch 50 Prozent) haben sich die CO₂-Emissionen bis 2005 nur geringfügig um knapp 4 Prozent reduziert (Abb. 6). Dieser erreichte gute Stand wird mit dem Grünen Energieszenario deutlich verbessert im Gegensatz zu den Ausbauplänen der Energiekonzerne für neue Kohlekraftwerke. Die unverantwortbaren Risiken aus der Atomkraft werden den Bürgern nicht noch weiterhin zugemutet. Das Abschalten der Atomkraftwerke führt zu keinem Anstieg der CO₂-Emissionen, da die fehlende Energie durch den sich jetzt schon zeigenden konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien aufgefangen werden kann. Es müssen dafür nur die richtigen politischen Rahmenbedingungen abgesteckt werden. Falsche Entscheidungen im Interesse der großen Energie-Oligopole können leider erst nach zwei Generationen wieder zurecht gerückt werden. Neu gebaute Kohlekraftwerke haben eine Lebensdauer von mindestens 40 Jahren.

Niedersachsen kann seine führende Rolle im Bundesgebiet bei der Absenkung der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung weiter festigen. Trotz vollständiger Abschaltung der Atomkraftwerke und des Braunkohlekraftwerks Buschhaus bis 2020 und Reduzierung der Stromerzeugung in den Steinkohlekraftwerken um 2.000 GWh unterschreiten die Emissionen im Land mit 15 Mio. t den schon niedrigen Basiswert von 1990 um etwa 21 Prozent. Bis 2050 ist eine weitere Reduktion auf 10,6 Mio. t mit nur noch 55 Prozent der CO₂-Emission von 1990 zu erreichen. So werden die Vorgaben aus dem Kyoto-Protokoll und der EU konsequent umgesetzt und im Interesse der Lebensqualität der Bürger weit überschritten.

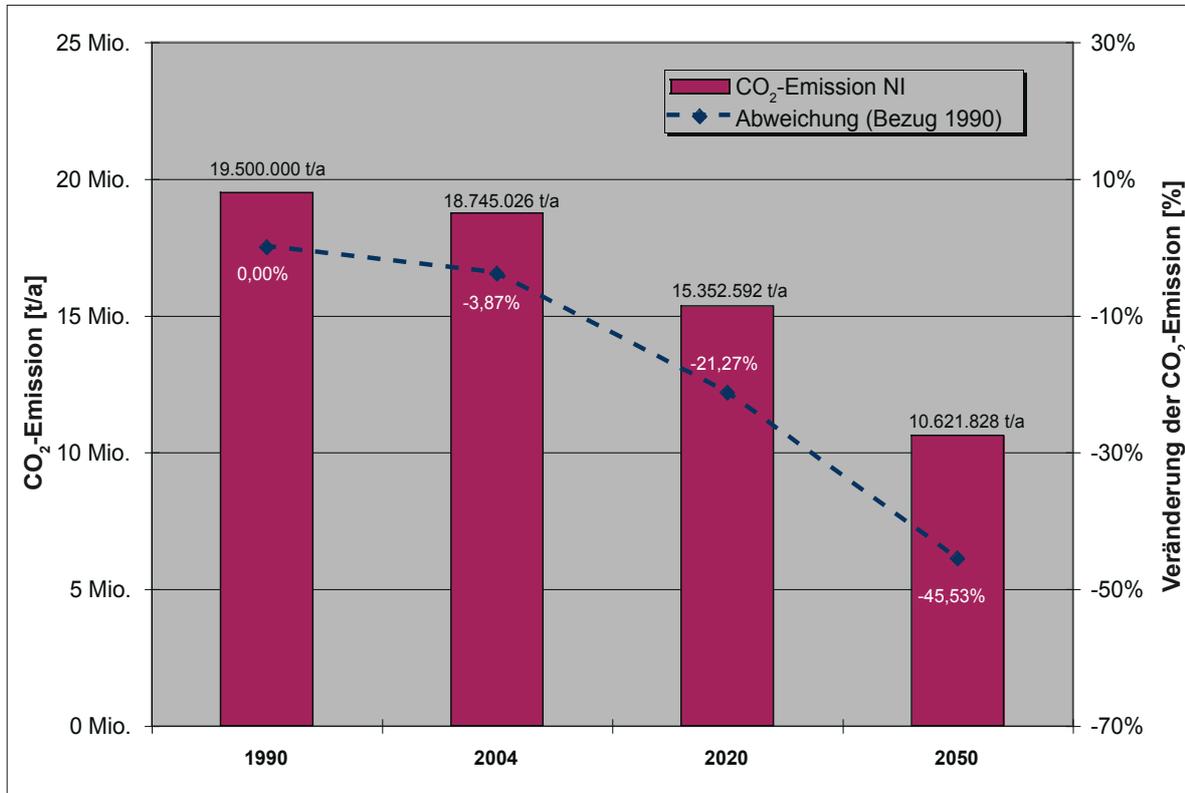


Abb. 6: Entwicklung der CO₂-Emissionen aus der Stromproduktion in Niedersachsen

3 Wärmeversorgung in Niedersachsen

3.1 Wärmeverbrauch und Wärmeerzeugung

3.1.1 Energieträger

Im Grünen Energieszenario werden 10 verschiedene Energieträger zur Erzeugung des Wärmebedarfs berücksichtigt (Tabelle 5). Die aktuellen Daten aus Niedersachsen für den Verbrauch der verschiedenen Energieträger zur Erzeugung von Wärme für Raumheizung und Warmwasser sind der Energiebilanz 2004 entnommen. Herangezogen werden dabei die Verbrauchsdaten aus den Bereichen Haushalt und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD)⁴². In der Energiebilanz ist nur der gesamte Verbrauch der einzelnen Energieträger in diesen Bereichen aufgeführt. Die Energieträger Kohle, Erdgas, Heizöl, Biomasse und Fernwärme werden in diesen Bereichen praktisch ausschließlich zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Aus diesen Daten ergibt sich ein Endenergieverbrauch in Niedersachsen für die Wärmebereitstellung in Haushalten und im Bereich GHD im Jahr 2004 von 115.540 GWh (Tabelle 5).

In der BMU-Leitstudie 2007 ist ein Szenario für die Entwicklung des Endenergieverbrauchs zur Wärmeerzeugung in Deutschland⁴³ enthalten. Diese Verbrauchsentwicklung berücksichtigt die Effizienzsteigerung bei Heizungsanlagen, die Nutzung der erneuerbaren Energien und insbesondere die Einsparmöglichkeiten durch verbesserte Wärmedämmung auch im Bestand (Abb. 7). Diese Entwicklung wird im Grünen Energieszenario auf Niedersachsen übertragen. Der Gesamtverbrauch sinkt in 2020 auf 82 Prozent des Ausgangswertes und bis 2050 auf 55 Prozent.

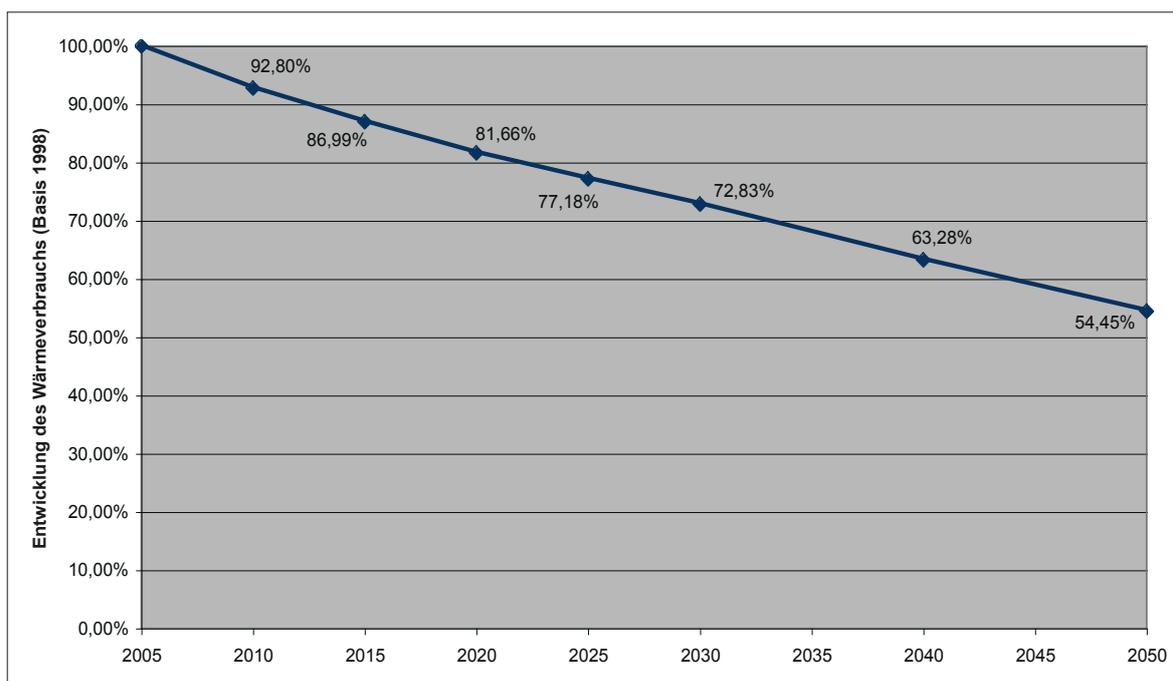


Abb. 7: Prognostizierte Entwicklung des Wärmeverbrauchs in der Leitstudie 2007 des BMU

Die Leitstudie nimmt auch eine Abschätzung der Anteile der verschiedenen Energieträger im Verbrauchsmix für Deutschland vor. Diese Daten werden übernommen mit einigen Ausnahmen im Hinblick auf die Situation im Land Niedersachsen (Abb. 8).

⁴² Energiebilanz 2004: Tabelle 4 auf Seiten 6 und 7

⁴³ BMU-Leitstudie 2007: Abbildung 2.16 auf Seite 38

» **Fernwärme**

Der Energieträger Fernwärme weist heute in Niedersachsen mit nur 4,4 Prozent einen nur etwa halb so großen Anteil wie im deutschlandweiten Mittel von 8,9 Prozent auf. Fernwärmenetze sind insbesondere in Hannover und im geringen Umfang in einigen weiteren Städten vorhanden. Aufgrund der ländlichen Siedlungsstruktur im Land ist die Errichtung neuer Nah- oder Fernwärmenetze nur im geringen Umfang zu erwarten. Insbesondere trifft dies zu, wenn Neubauten konsequent als Niedrig-Energiehäuser oder Passivhäuser ausgeführt werden. Die durch Fernwärme erzeugte Wärmemenge wird daher als konstant über die Zeit angenommen. Nach 2020 wird die Versorgung der Fernwärmenetze nach Abschaltung der Kohle-Heizkraftwerke durch dezentral angeordnete BHKW auf Erdgas-Basis und später mit in das Gasnetz eingespeistes Biogas übernommen. Die entsprechende Energiemenge wird für 2050 bei den BHKW-Wärmenetzen nachgewiesen.

» **Erdgas-BHKW**

Der Anteil der mittleren KWK für Erdgas im Leistungsbereich zwischen 1 und 100 MW beträgt für Niedersachsen laut den Potenzialabschätzungen des Bremer Energie-Instituts [BEI 2007] etwa 2.900 GWh_{th} (siehe Abschnitt 2.1.1 – Erdgas-BHKW). Dieser Anteil von etwa 3 Prozent am niedersächsischen Wärmeverbrauch wird benutzt, um nach 2020 die Fernwärmenetze umzustellen von kohle- oder gasbetriebenen Heizkraftwerken auf erdgasbetriebene dezentrale BHKW. Für 2050 wird eine Verdoppelung der Wärmeerzeugung durch die mittleren BHKW auf dann 5.800 GWh_{th} entsprechend etwa 9 Prozent des Wärmeverbrauchs vorgesehen. Ein weiterer Ausbau kann dann durch direkte Wärmeeinspeisung aus erschlossener Tiefen-Geothermie erfolgen (siehe dort).

» **Kohle**

Der Anteil der Kohle an der Wärmeerzeugung ist im Land mit 390 GWh entsprechend 0,34 Prozent deutlich geringer als bundesweit (6,7 Prozent). Dabei dürfte es sich überwiegend um Einzelkamine handeln, die zu dekorativen Zwecken oder in der Übergangszeit genutzt werden. Die Verbrauchsmenge wird daher im Szenario unverändert fortgeschrieben.

» **Biomasse**

Die in 2004 durch Biomasse erzeugte Wärmemenge von 4.300 GWh entsprechend etwa 3,7 Prozent des Verbrauchs wird durch 100 zusätzliche Bioenergiedörfer analog dem Bioenergiedorf Jühnde bis 2020 um 430 GWh erhöht. Bis 2050 erhöht sich die bereitgestellte Wärmemenge durch 400 Bioenergiedörfer um 1.720 GWh. Dieser Anteil ist geringer als die in der BMU-Leitstudie 2007 vorgesehenen Anteile von 5,3 Prozent entsprechend 9.095 GWh in 2020 und 17 Prozent entsprechend 10.803 GWh in 2050. Für das Grüne Energieszenario werden die Abschätzungen der BMU-Leitstudie 2007 herangezogen. Das zusätzliche Potential wird durch Biomasseheizwerke z. B. für Holzhackschnitzel oder Stroh erschlossen.

» **Tiefen-Geothermie**

Nach den Untersuchungen des GGA-Instituts⁴⁴ in Hannover [Jung 2007] ist in Niedersachsen im Bereich von Hannover, dem Weserbergland, Osnabrück und Wilhelmshaven ein Potenzial für die wirtschaftlichen Nutzung der Tiefen-Geothermie zur Einspeisung in Fernwärmenetze vorhanden⁴⁵. In diesen Bereichen liegt der erforderliche Temperaturhorizont von etwa 100 °C in nutzbaren Tiefen von 1.000 bis 2.000 m. Im Grünen Energieszenario wird für 2050 der deutschlandweit erwartete Anteil der Tiefen-Geothermie am Gesamtverbrauch von 12,1 Prozent entsprechend 7.689 GWh auch für Niedersachsen herangezogen.

⁴⁴ Institut für geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Hannover, www.gga-hannover.de

⁴⁵ Jung 2007: Abb. 2 auf Seite 2

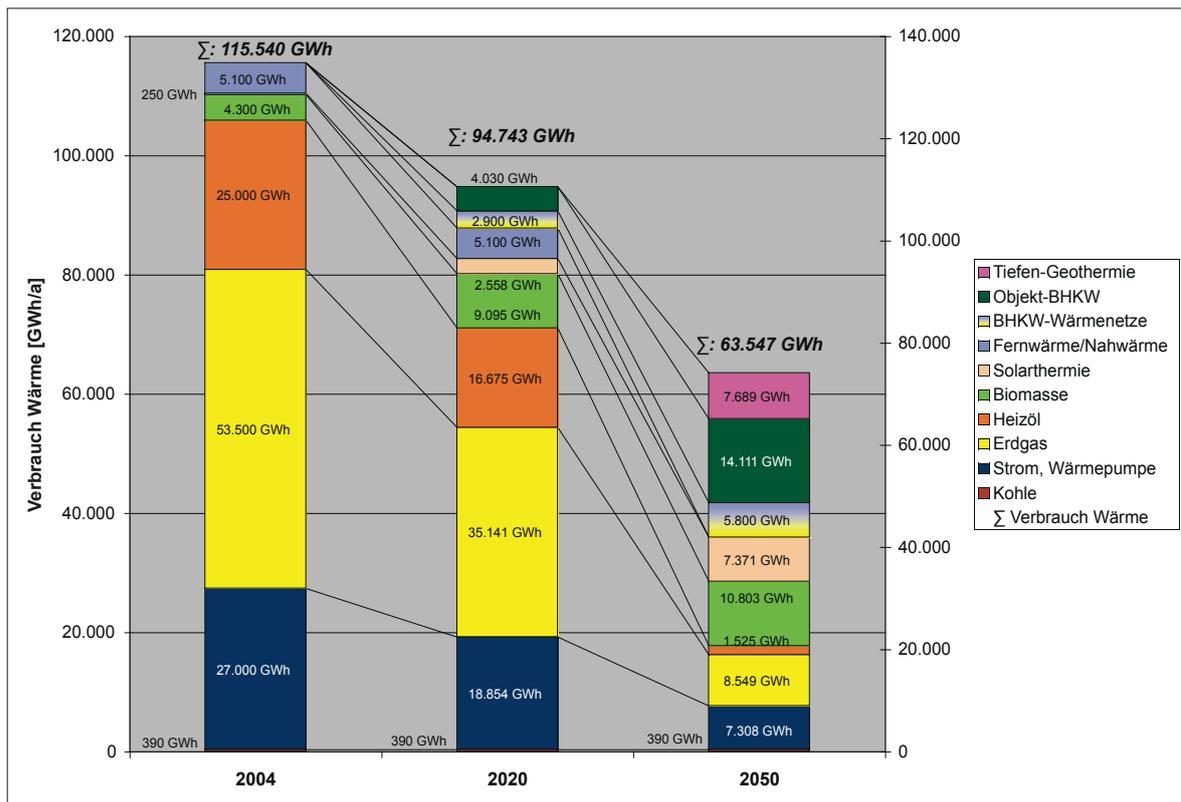


Abb. 8: Aufteilung der in Niedersachsen erzeugten Wärme auf die Endenergiearten

» Strom und Wärmepumpen

Der Anteil für die Wärmeerzeugung durch Strom und Wärmepumpen ist in Niedersachsen bei 27.000 GWh mit 23 Prozent mehr als doppelt so groß wie bundesweit mit 11 Prozent. Dieser Anteil wird nicht weiter erhöht sondern durch Rückbau der Elektroheizungen, insbesondere der Nachtspeicheröfen, bis 2050 auf den in der BMU-Leitstudie vorausgesagten Anteil von 11,5 Prozent entsprechend 7.308 GWh reduziert. Bei linearer Reduktion ergeben sich damit ein Anteil an Elektroheizungen für 2020 von 19,9 Prozent entsprechend 18.854 GWh. Entsprechend erhöht sich der Anteil an Erdgas für die Wärmeerzeugung im Szenario.

Elektrisch betriebene Wärmepumpen haben bei einer Gesamt-Energiebetrachtung einen schlechten Gesamt-Wirkungsgrad, wenn der benötigte Strom nicht aus erneuerbaren Energiequellen oder aus der effizienten Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird⁴⁶. Nur wenn eine Arbeitszahl⁴⁷ von mindestens 4 erreicht wird, ergibt sich auch bei der Nutzung von Strom aus konventionellen Kraftwerken (Wirkungsgrad im Mittel deutlich unter 30 Prozent) eine positive Gesamtbilanz.

Elektrisch betriebene Wärmepumpen rechnen sich zur Zeit nur durch Sondertarife der großen Energiekonzerne, die diese zur Auslastung ihrer Grundlastkraftwerke (Atomkraftwerke, Kohlekraftwerke) anbieten. Diese Tarife werden von den anderen Kunden indirekt mitfinanziert. Eine Nutzung wäre nur bei energetisch im Umfang eines Passivhauses⁴⁸ sanierten Gebäuden geeignet. Ein Ausbau der elektrisch betriebenen Wärmepumpen für die Flach-Geothermie (Nutzung der Umweltwärme) ist daher in der Gesamtbilanz in Niedersachsen nicht vorgesehen werden.

⁴⁶ Diese Nachteile treten bei Gaswärmepumpen nicht auf. Gaswärmepumpen werden für den Bedarf von Wohnhäusern in Deutschland praktisch nicht angeboten.

⁴⁷ Arbeitszahl ist das Verhältnis der von der Wärmepumpe abgegebenen Energie zur zugeführten externen Energie aus Strom oder Gas.

⁴⁸ Heizwärmebedarf weniger als 1,5 l/m² bzw. 15 kWh/m²

» **Objekt-BHKW**

Erhebliche Erweiterungen bei der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung sind gerade in den Städten ohne eigene Fernwärmeversorgung durch den konsequenten Austausch von alten Heizungsanlagen durch Objekt-BHKW möglich. Wie bei der Stromerzeugung beschrieben, existiert ein Potenzial von etwa 52.800 Mini-BHKW mit je 12,3 kW thermischer Leistung und etwa 185.000 bis 2050.

Für die Wärmeerzeugung wird nur die durch Wärmeübertragung der Objekt-BHKW über mindestens 6.200 Volllaststunden erzeugte Energiemenge berücksichtigt, da nur diese sicher zur Verfügung steht. Die noch für 2.100 Volllaststunden verfügbare Spitzenlast wird im Szenario nicht herangezogen, da diese über den Strombedarf gesteuert wird. Bis 2020 stehen durch Objekt-BHKW 4.030 GWh und bis 2050 14.111 GWh an Heizenergie zur Verfügung. Entsprechend werden die deutschlandweit üblichen Anteile für die Erdgasheizung in den Jahren 2020 und 2050 im Szenario für Niedersachsen abgesenkt.

Die Objekt-BHKW werden zunächst mit Erdgas betrieben. Eine Nutzung von Biogas ist jederzeit möglich, z. B. durch Einspeisung ins öffentliche Gasnetz oder direkte Versorgung.

3.1.2 CO₂-Emissionen durch die Wärmeerzeugung

Die CO₂-Äquivalente für die einzelnen Wärmeerzeugungsarten werden soweit verfügbar aus GEMIS⁴⁹ entnommen und beinhalten den gesamten Lebenszyklus des Wärmeerzeugers und Energieträgers einschließlich Material und Transport aber ohne Entsorgung. Mangels anderer detaillierter Angaben werden für die Erzeugungsart „Strom, Wärmepumpe“ näherungsweise die Daten aus GEMIS für eine Elektroheizung, die im Strommix betrieben wird, verwendet. Für Biomasse werden die Daten für Holzpellets-Heizkessel mit 50 kW Leistung und für Kohle diejenigen für Braunkohle-Brikett-Raumheizung herangezogen.

Für die Solarthermie wird ein CO₂-Äquivalent von 12 g/kWh gemäß den Ausführungen von Nitsch⁵⁰ [Nitsch 2001] verwendet, für die Tiefen-Geothermie die Angabe aus dem TAB-Arbeitsbericht des Deutschen Bundestags [Paschen 2003] mit 21 g/kWh bei Nutzung mit Kraft-Wärme-Kopplung⁵¹.

Für Niedersachsen ergibt sich damit eine CO₂-Emission durch die Wärmeerzeugung von knapp 50 Mio. t/a in 2004 (Tabelle 5). Sie reduziert sich in 2020 auf etwa 38 Mio. t/a und in 2050 auf ca. 18 Mio. t/a (Abb. 9).

⁴⁹ Datenbank GEMIS 4.2 des Öko-Instituts, www.gemis.de

⁵⁰ Nitsch 2001: Abbildung 6 auf Seite 16

⁵¹ TAB-Arbeitsbericht: Abbildung 25 auf Seite 85

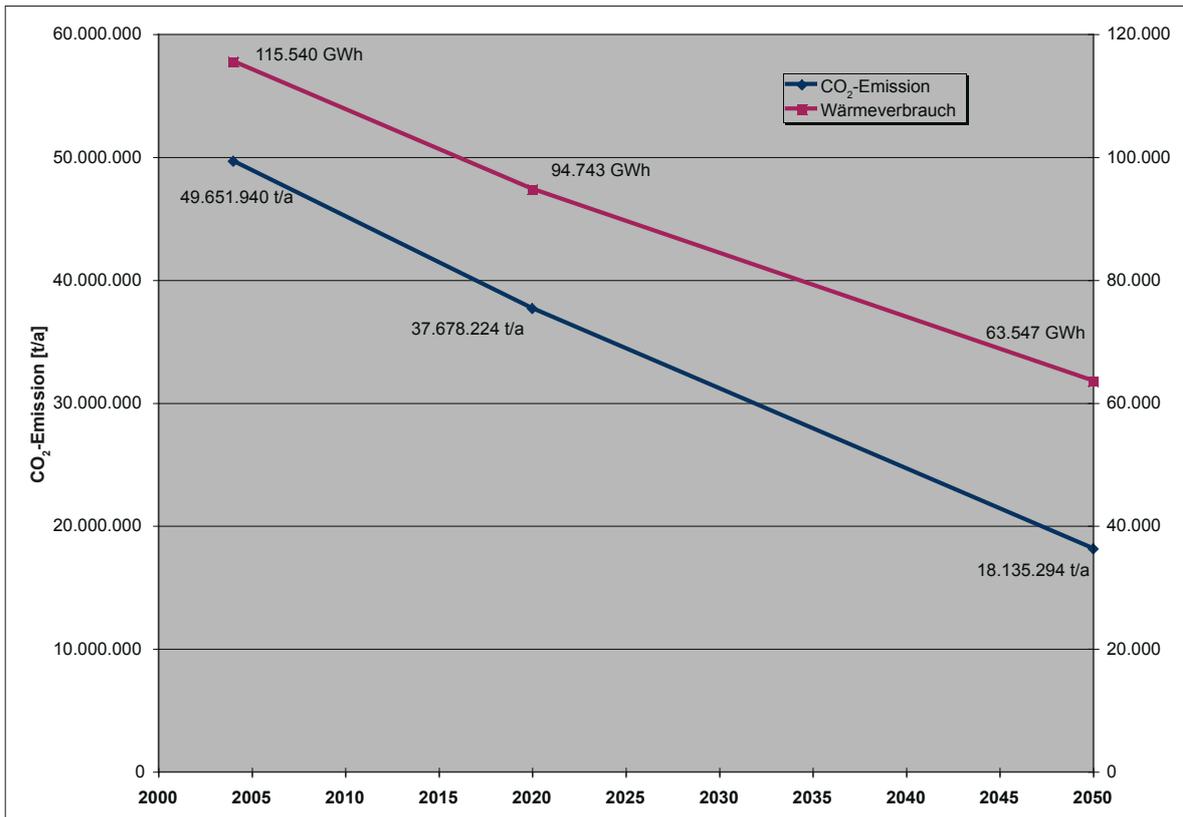


Abb. 9: Entwicklung des Energieverbrauchs für die Wärmeerzeugung und die damit verbundenen CO₂-Emissionen in Niedersachsen

Um den Erfolg der bisherigen und künftigen Maßnahmen zur CO₂-Minderung nach dem Kyoto-Protokoll zu beurteilen, werden die Ausgangsdaten der CO₂-Emissionen des Jahres 1990 herangezogen. Lt. der Energie- und CO₂-Bilanz 2004⁵² betragen die energiebedingten CO₂-Emissionen des Landes in 1990 in den Bereichen Haushalte, sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen insgesamt 38,2 Mio. t. Bundesweit wurden laut den Daten des Umweltbundesamtes zur Emissionsentwicklung [UBA 2007b] 371 Mio. t CO₂ durch die Wärmeerzeugung emittiert; der Anteil Niedersachsens beträgt damit für das Bezugsjahr 1990 etwa 10,3 Prozent.

Für die künftige bundesweite Entwicklung der CO₂-Emissionen durch die Wärmeerzeugung werden die Daten aus der Leitstudie 2007⁵³ des BMU herangezogen. Die CO₂-Emissionen in Deutschland sollen sich von 323 Mio. t in 2005 auf 232 Mio. t in 2020 und 90 Mio. t in 2050 reduzieren (Tabelle 5).

⁵² Energiebilanz 2004: Tabelle 14 auf Seite 13

⁵³ BMU-Leitstudie 2007: Tabelle 10 auf Seite 88

3.2 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios für Niedersachsen

3.2.1 Verbrauchsmix

Im Szenario zeigt sich, dass die fossilen Energieträger ohne Kraft-Wärme-Kopplung wie Erdgasheizungen, Heizöl oder Kohle immer weiter zurückgedrängt werden (Abb. 10). Sie reduzieren sich von knapp 70 Prozent in 2004 bis auf etwa 16 Prozent in 2050. In den Vordergrund rücken die Solarthermie und die Tiefen-Geothermie mit einem Anteil von jeweils etwa 12 Prozent in 2050 sowie die Biomasse mit etwa 17 Prozent und die zunächst noch mit Erdgas betriebenen dezentralen Objekt-BHKW und BHKW-gespeisten Fernwärmenetze mit etwa 30 Prozent.

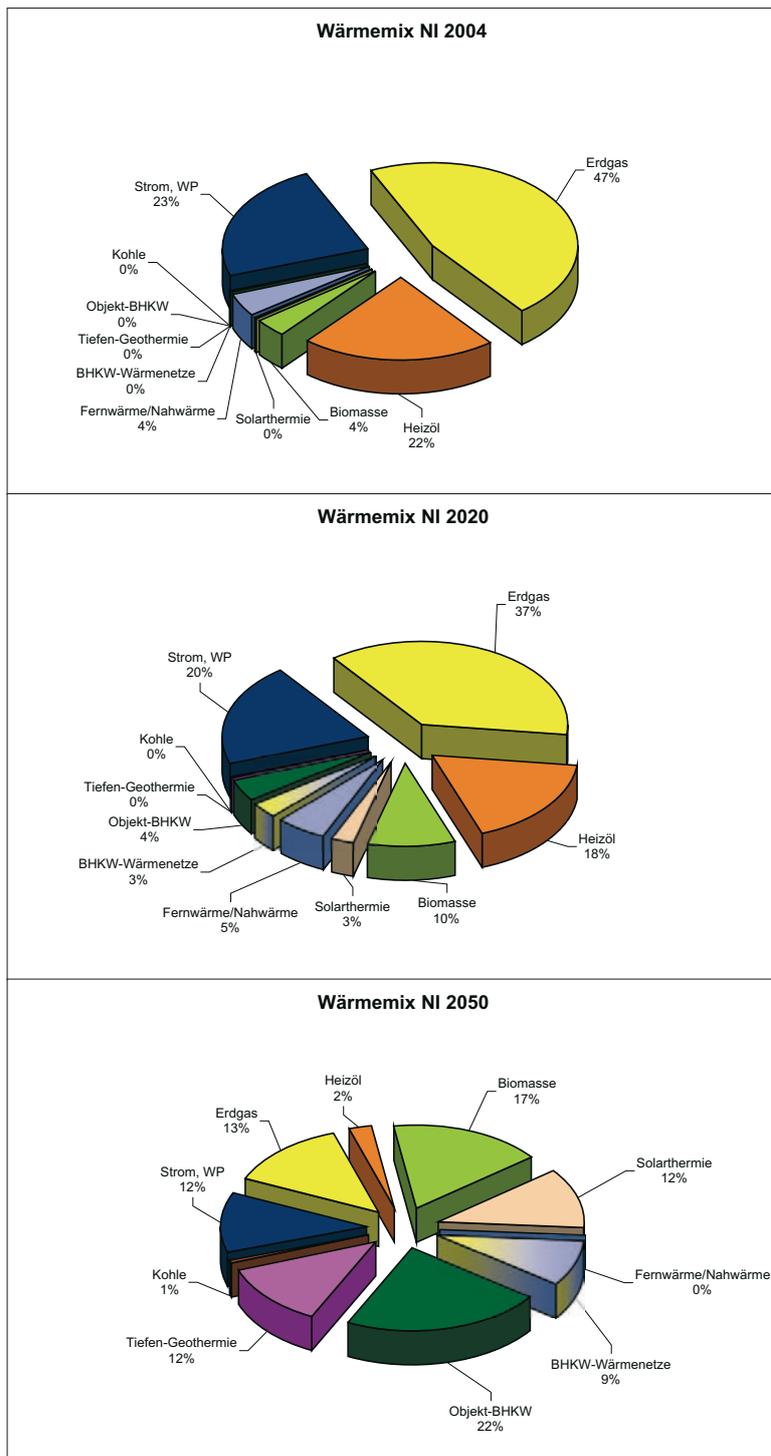


Abb. 10:
Verbrauchsmix der einzelnen Energieträger für die Wärmeerzeugung

Der absolute Verbrauch durch Elektroheizungen und Elektro-Wärmepumpen wird zwar bis 2050 auf 30 Prozent der Werte von 2004 reduziert. Da aber der gesamte Verbrauch für die Wärmeerzeugung durch erfolgreiche Wärmedämmung bis 2050 um etwa 50 Prozent reduziert wird, reduziert sich der relative Anteil der Stromheizungen am Verbrauchsmix nur von etwa 20 Prozent auf 12 Prozent

Der Bedarf an Wärmeenergie in Niedersachsen reduziert sich durch Verbesserung der Wärmedämmung und Effizienzsteigerungen bei den Wärmeerzeugern bis 2020 um 18 Prozent und bis 2050 um 45 Prozent (Abb. 9, Tabelle 5).

3.2.2 CO₂-Emissionen

Die Verbrauchsreduktion durch verbesserte Wärmedämmung, Effizienzsteigerung bei den Wärmeerzeugern und vor allem der Umstieg auf die erneuerbaren Energien Solarthermie und Tiefen-Geothermie ermöglicht in Niedersachsen bis 2050 eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 53 Prozent vom Basiswert 1990 (Abb. 11).

Dieser Erfolg ist um so bemerkenswerter, da im Zeitraum von 1990 bis 2004 die schon damals möglichen Minderungsmaßnahmen nicht ausgeschöpft wurden. Bis 2004 stiegen die CO₂-Emissionen um etwa 30 Prozent an. Bis 2020 werden sie bei konsequent umgesetzten Energiesparmaßnahmen den Ausgangswert von 1990 knapp unterschreiten. In 2020 werden mit dem Szenario etwa 0,5 Mio. t CO₂ und bis 2050 sogar 20 Mio. t jährlich eingespart (Tabelle 5).

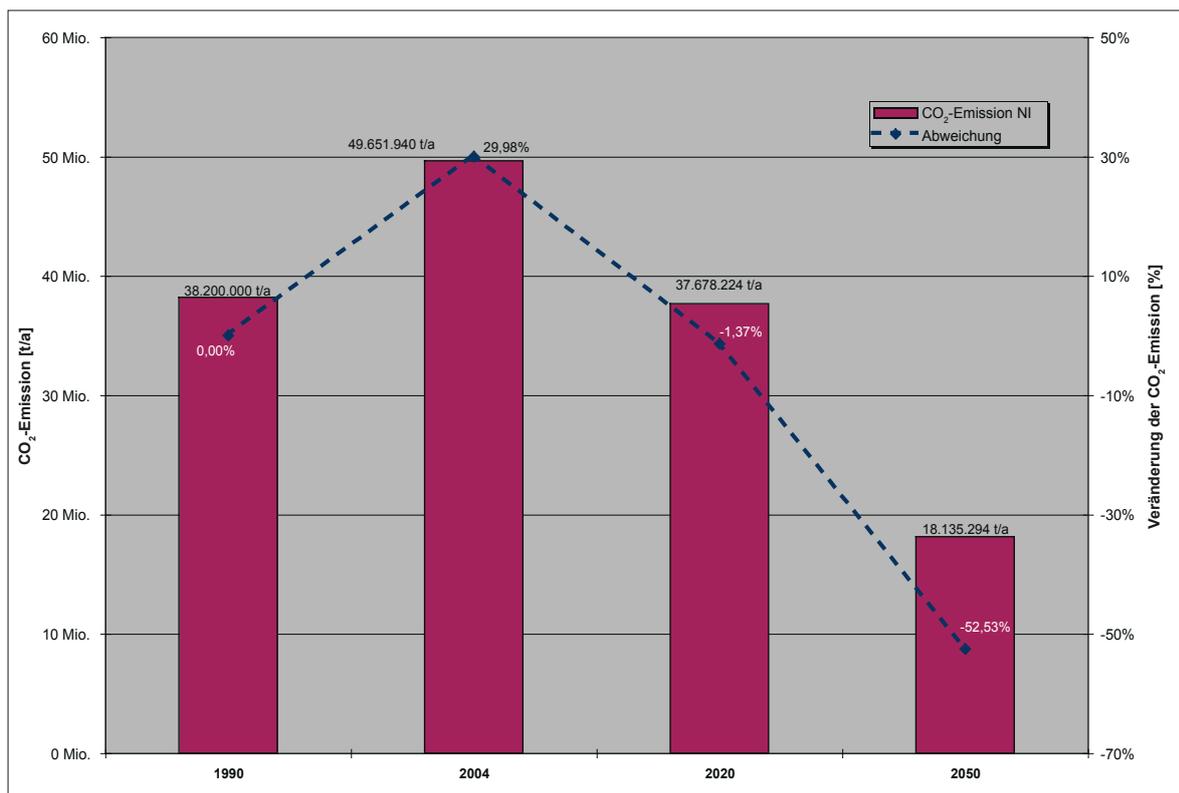


Abb. 11: Entwicklung der CO₂-Emissionen durch die Wärmeerzeugung

4 Energieverbrauch im Verkehr in Niedersachsen

4.1 Energieverbrauch und Energieträger

4.1.1 Energieträger

Im Grünen Energieszenario werden sieben verschiedene Energieträger für den Verkehrsbereich berücksichtigt, wie sie in der BMU-Leitstudie 2007⁵⁴ herangezogen werden. Die aktuellen Verbrauchsdaten an Endenergie für den Verkehr in Niedersachsen werden der Energiebilanz 2004 entnommen mit insgesamt 68.546 GWh⁵⁵. Berücksichtigt sind alle Verkehrsträger wie öffentlicher Verkehr und motorisierter Individualverkehr, sowohl zu Land als auch auf See und in der Luft. Die Aufteilung der verbrauchten Energiemenge auf die sieben Energieträger wird für 2004 anhand der Daten der Energiebilanz für Niedersachsen vorgenommen (Tabelle 6). Dabei überwiegen die Anteile an Benzin und Dieselmotoren mit etwa 43 bzw. 51 Prozent am Gesamtverbrauch.

Für die Fortschreibung der Verbrauchsentwicklung wird das Leitszenario 2007 des BMU herangezogen. Dort wird auf die Effizienzvariante des UBA⁵⁶ zurückgegriffen, das eine deutliche Effizienzsteigerung im Kraftstoffverbrauch z. B. durch das Downsizing der Motoren und den Leichtbau berücksichtigt. Der Kraftstoffverbrauch sinkt dann bei bundesweiter Betrachtung von 725.024 GWh in 2005 über 665.810 GWh in 2020 auf 507.350 in 2050. Für Niedersachsen wird ein gleich bleibender Anteil am deutschen Gesamtverbrauch auf der Basis des Wertes des Jahres 2005 von 9,45 Prozent unterstellt. Der Verbrauch sinkt dann in Niedersachsen von 68.546 GWh in 2004 um 8 Prozent in 2020 mit 63.001 GWh und um 30 Prozent mit 48.007 GWh in 2050 (Tabelle 6). Eine weitere Beeinflussung des Verbrauchs durch eine andere Aufteilung des Verkehrs auf die Verkehrsträger (Modal Split) oder eine Reduzierung der Fahrleistungen ist in diesem Szenario für Niedersachsen nicht weiter berücksichtigt.

Für die Abschätzung der künftigen Verteilung des Gesamtverbrauchs auf die sieben verschiedenen Energieträger werden die Daten der BMU-Leitstudie herangezogen⁵⁷. Der Kerosinverbrauch in Niedersachsen ist aufgrund des nur geringen Umfangs der Verkehrsfliegerei im Land mit knapp 3 Prozent in 2004 entsprechend 1.994 GWh deutlich geringer als der bundesweite Durchschnitt von 12,5 Prozent. Dieser geringe Anteil bleibt auch bei der Fortschreibung mit dem Szenario der BMU-Leitstudie erhalten. Er beträgt in 2020 und 2050 jeweils 4,8 Prozent am Gesamtenergieverbrauch.

» Biokraftstoffe

Für den Anteil der Biokraftstoffe werden im Szenario mit maximal 10 Prozent des Gesamtverbrauchs in 2050 und 5 Prozent in 2020 jeweils deutlich gegenüber den Annahmen der BMU-Leitstudie 2007 auf etwa ein Drittel reduzierte Werte verwendet. Dies deckt sich mit den praktischen Erfahrungen in Niedersachsen durch die bislang schon errichteten Biogasanlagen und die dadurch entstandene Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion. Diese darf durch die Nutzung von Biokraftstoffen nicht weiter verschärft werden. Die biogenen Reststoffe werden vorrangig für die Nutzung zur Wärmeerzeugung vorgesehen, da sie dort sehr viel effizienter als zur Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation eingesetzt werden können.

Die Differenz wird im Szenario für 2020 durch Erhöhung der Anteile für Benzin, Diesel und Erdgas ausgeglichen, und zwar durch eine Verdreifachung des Erdgasanteils gegenüber der Prognose aus der BMU-Leitstudie 2007 auf 5 Prozent und Erhöhung des Benzin- und Dieselanteils um jeweils 2,5 Prozent auf ca. 33 bzw. 47 Prozent des Kraftstoffverbrauchs.

⁵⁴ BMU-Leitstudie 2007: Abbildung 2.19 auf Seite 41

⁵⁵ Energiebilanz 2004: Tabelle 4 auf Seiten 6-7

⁵⁶ BMU-Leitstudie 2007: Abbildung 2.19 auf Seite 41

⁵⁷ BMU-Leitstudie 2007: Tabelle 6 und Abbildung 12

» **Erdgas**

Erdgas steht kurzfristig als Alternativkraftstoff zur Verfügung. Die Technologie für Fahrzeuge, Betankung und Versorgungslogistik ist erprobt und seit langem einsatzbereit. Die Zahl der verfügbaren serienmäßig für monovalenten oder bivalenten⁵⁸ Erdgasbetrieb ausgerüsteten Fahrzeuge hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht. Vor allem in Italien und den USA wird diese Kraftstoffart konsequent eingesetzt. Das Tankstellennetz ist zumindest im städtischen Bereich schon ausreichend ausgebaut.

Außerdem entstehen beim Betrieb eines Fahrzeugs mit Erdgas deutlich geringere CO₂-Emissionen als im Benzinbetrieb. Da Erdgas das kleinste Kohlenwasserstoffmolekül mit nur einem Kohlenstoffatom ist, enthält es nur etwa halb soviel Kohlenstoff wie Benzin oder Diesel, der im Motor zu CO₂ verbrennt. Die Energieausbeute erfolgt im wesentlichen über den mindestens doppelt so großen Anteil an Wasserstoff, der zu Wasser verbrennt.

» **Strom**

Nach 2020 wird der Anteil an Elektrofahrzeugen in Form von reinen Elektroantrieben mit Batteriespeichern (Electrical Vehicle, Drive by Wire)⁵⁹ oder als Plug-in-Hybrid-Antriebe⁶⁰ deutlich ansteigen. Die dort verwendeten Batteriespeicher können als Pufferspeicher für die un stetige Stromproduktion der erneuerbaren Energien genutzt werden. Dieser Effekt kann durch eine konsequente Ausrüstung der öffentlichen Parkplätze in Niedersachsen mit Ladestationen unterstützt werden. Um diesen Effekt auszunutzen, wird der Anteil der mit Strom betriebenen Fahrzeuge, vorrangig PKW, gegenüber dem bundesweiten Szenario nach der BMU-Leitstudie 2007 erhöht auf 5 Prozent in 2020 mit 3.150 GWh und 26 Prozent in 2050 mit 12.482 GWh.

» **Wasserstoff**

Wasserstoff wird wie im bundesweiten Szenario für den Zeitraum nach 2020 berücksichtigt, und zwar mit 10 Prozent bzw. 4.801 GWh ab 2050. Dann besteht durch die Off-shore-Windenergieanlagen eine unter dem Gesichtspunkt der Treibhausgasemission sinnvolle Erzeugungsmöglichkeit für „blauen“ Wasserstoff. Von dem prognostizierten Energieüberschuss an erzeugtem Strom in 2050 von mindestens etwa 35.000 GWh (Tabelle 3), werden ca. 13.000 GWh für die Elektrofahrzeuge benötigt. Durch die dann noch verfügbaren 22.000 GWh können bei Annahme eines Wirkungsgrades von ca. 25 Prozent für die Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse maximal 5.500 GWh „blauer“ Wasserstoff im Land erzeugt werden. Damit könnte der prognostizierte Bedarf für Niedersachsen von etwa 4.801 GWh vollständig gedeckt werden.

⁵⁸ Bivalente Erdgasfahrzeuge sind für den wechselweisen Betrieb mit Erdgas oder Benzin ausgerüstet, wobei eine automatische Umschaltung erfolgt. Monovalente Erdfahrzeuge können nur mit Erdgas betrieben werden.

⁵⁹ Bei einem Electrical Vehicle (EV) erfolgt der Antrieb des Fahrzeugs über einen Elektromotor mit hohem Wirkungsgrad im Vergleich zum Verbrennungsmotor. Zur Bewältigung größerer Strecken kann ggf. ein Powerpack zur On-board-Stromerzeugung mitgeführt werden (serieller Hybrid), z. B. ein kleiner Dieselmotor mit Generator oder eine Brennstoffzelle für Wasserstoffbetrieb. Beispiele sind die in 2007 gezeigten Konzepte Opel Flextremer und der Chevrolet Volt. Für den Bereich der Linienbusse ist ein serieller Hybridbus mit Dieselmotor als Powerpack von Mercedes-Benz für 2008 angekündigt (VDI-Nachrichten vom 30.11.2007, S. 16)

⁶⁰ Plug-in-Hybrid-Antriebe sind Kombinationen von Verbrennungsmotor und Elektromotor, deren Batteriesystem nicht nur durch den Verbrennungsmotor oder die Bremsenergie aufgeladen werden kann sondern auch durch Anschluss an eine externe Ladestation. Ein Beispiel ist der Ende 2007 in Japan vorgestellte Toyota Prius mit Plug-in-Modul.

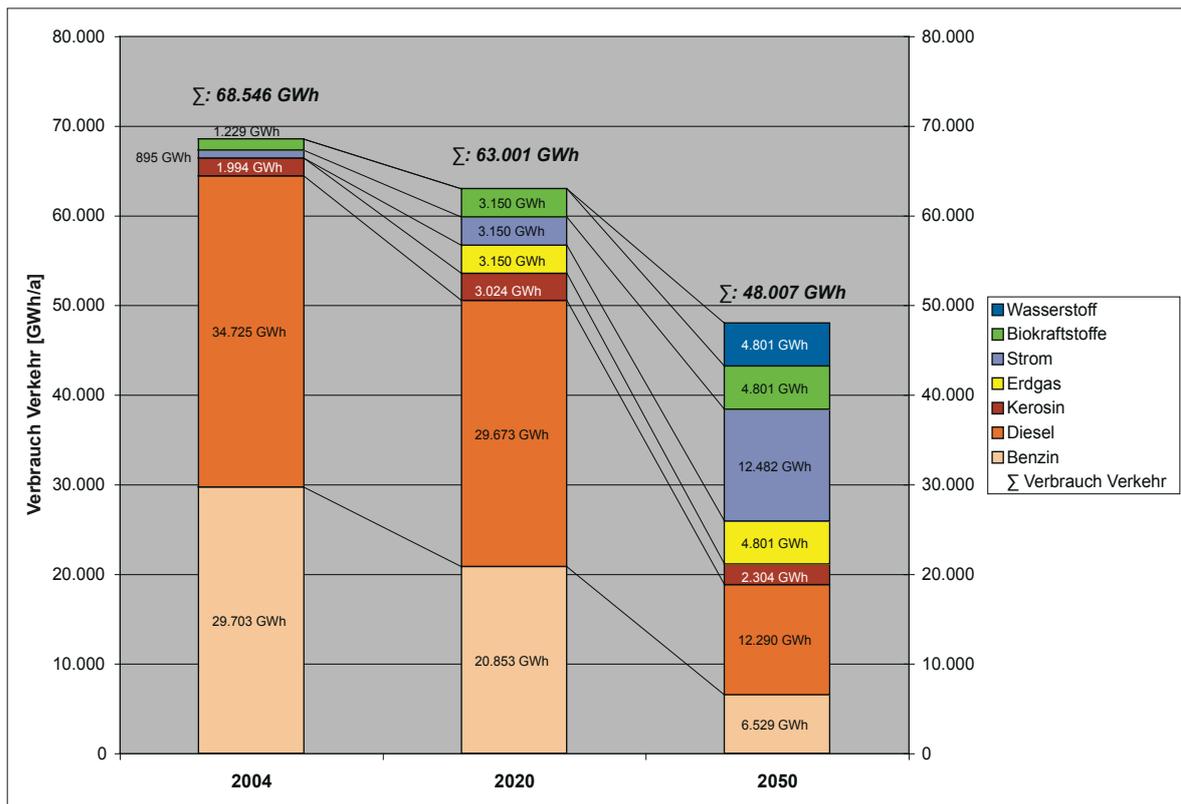


Abb. 12: Aufteilung des Energieverbrauchs für den Verkehr in Niedersachsen auf die Energieträger
 • Aufteilung des Gesamtverbrauchs für Niedersachsen gemäß den Prognosen der BMU-Leitstudie 2007 für die Situation im Bundesgebiet

4.1.2 CO₂-Emissionen durch den Verkehr

Bundesweit betragen die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in 2004 gemäß der Leitstudie des BMU etwa 184 Mio. t/a⁶¹. Der Anteil Niedersachsens beträgt bei 18 Mio. t/a laut der Energiebilanz⁶² knapp 10 Prozent. Vom BMU wird in der Leitstudie 2007 eine deutliche Absenkung der CO₂-Emissionen im Vergleich zum Energieverbrauch des Verkehrs prognostiziert. Dieser Effekt kann auf das Downsizing der Antriebssysteme, Leichtbau und Umstieg auf Kraftstoffe mit geringerem CO₂-Emissionspotenzial wie z. B. biogene Kraftstoffe, Erdgas, Strom oder Wasserstoff, zurückgeführt werden.

Da Daten über das Verkehrsaufkommen und die CO₂-Emissionen der einzelnen Verkehrsträger nicht zur Verfügung stehen, ist eine genaue Prognose der künftigen CO₂-Emissionen aus dem Verkehrsbereich nicht möglich. Hilfsweise werden die vom BMU in der Leitstudie 2007 herangezogenen Daten für das erwartete Absinken der gesamten CO₂-Emissionen aus dem Verkehr in 2020 und 2050 herangezogen. Diese sinken bundesweit bis 2020 um 13 Prozent auf 142 Mio. t und bis 2050 um 58 Prozent auf etwa 68 Mio. t, jeweils bezogen auf die CO₂-Emission von 1990. Bei angenommenem gleich bleibendem Anteil des Landes von 9,84 Prozent reduziert sich die Emission in Niedersachsen in 2020 auf knapp 14 Mio. t und auf 6,7 Mio. t in 2050 (Abb. 13).

Um den Erfolg der bisherigen und künftigen Maßnahmen zur CO₂-Minderung nach dem Kyoto-Protokoll zu beurteilen, werden die Ausgangsdaten der CO₂-Emissionen des Jahres 1990 herangezogen. Gemäß der Energiebilanz 2004⁶³ betragen die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Niedersachsen in 1990 etwa 18,7 Mio. t.

⁶¹ BMU Leitstudie 2007: Tabelle 10 auf Seite 88

⁶² Energiebilanz 2004: Tabelle 14 auf Seite 13

⁶³ Energiebilanz 2004: Tabelle 14 auf Seite 13

Bundesweit wurden für das Jahr 1990 lt. den Daten des Umweltbundesamtes zur Emissionsentwicklung [UBA 2007b] 163 Mio. t CO₂ durch den Verkehr erzeugt; der Anteil Niedersachsens für das Bezugsjahr 1990 beträgt 11,5 Prozent.

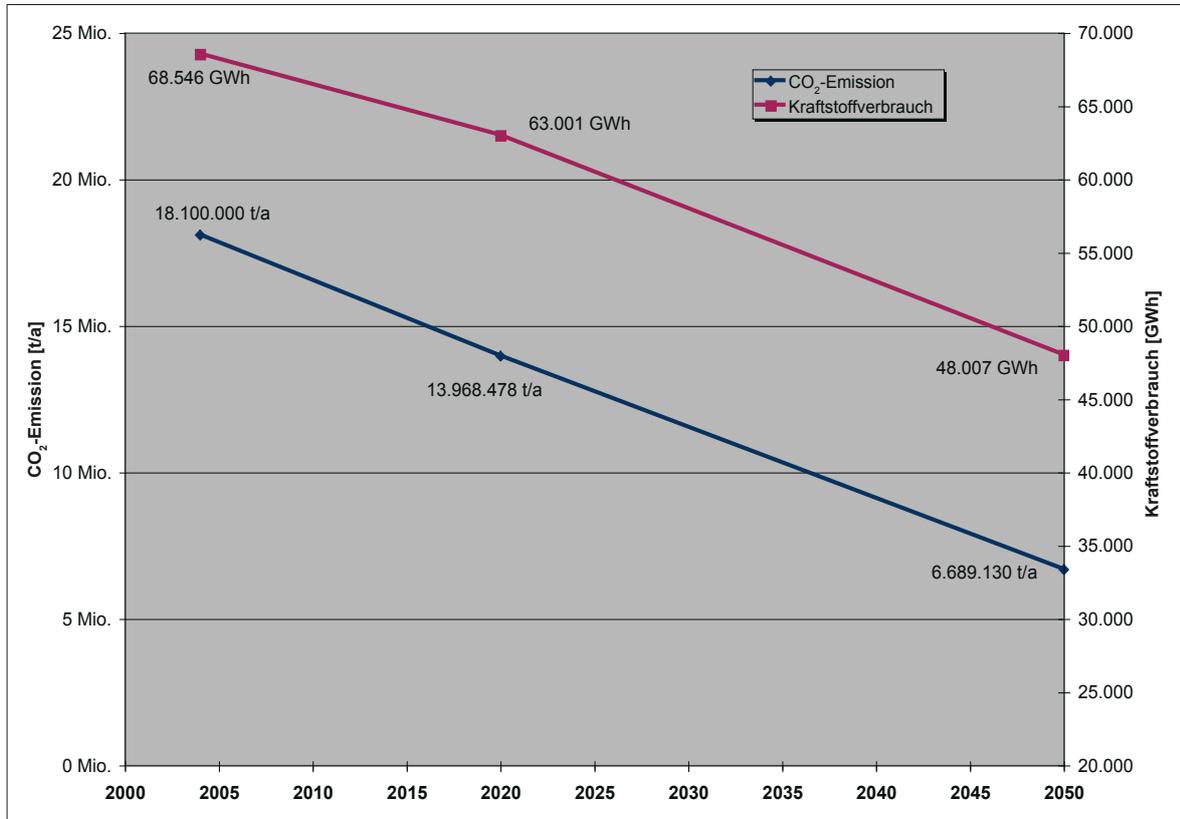


Abb. 13: Entwicklung des Energieverbrauchs für den Verkehr und die damit verbundenen CO₂-Emissionen in Niedersachsen

4.2 Ergebnisse des Grünen Energieszenarios für Niedersachsen

4.2.1 Verbrauchsmix

Im Szenario zeigt sich, dass die fossilen Energieträger Benzin, Diesel, Erdgas immer weiter zurückgedrängt werden (Abb. 14). Sie reduzieren sich von knapp 97 Prozent in 2004 bis auf etwa 54 Prozent in 2050. Abgelöst werden sie durch biogene Kraftstoffe mit einem Anteil von 10 Prozent in 2050 und durch Strom z. B. in Form von gespeicherter Energie auf dem Fahrzeug mit Batteriesystemen (18,5 Prozent) oder durch On-board-Erzeugung aus Wasserstoff mit Hilfe von Brennstoffzellen (17,5 Prozent). Ein Ersatz des fossilen Kraftstoffs Kerosin für den Luftverkehr ist auch langfristig noch nicht in Sicht.

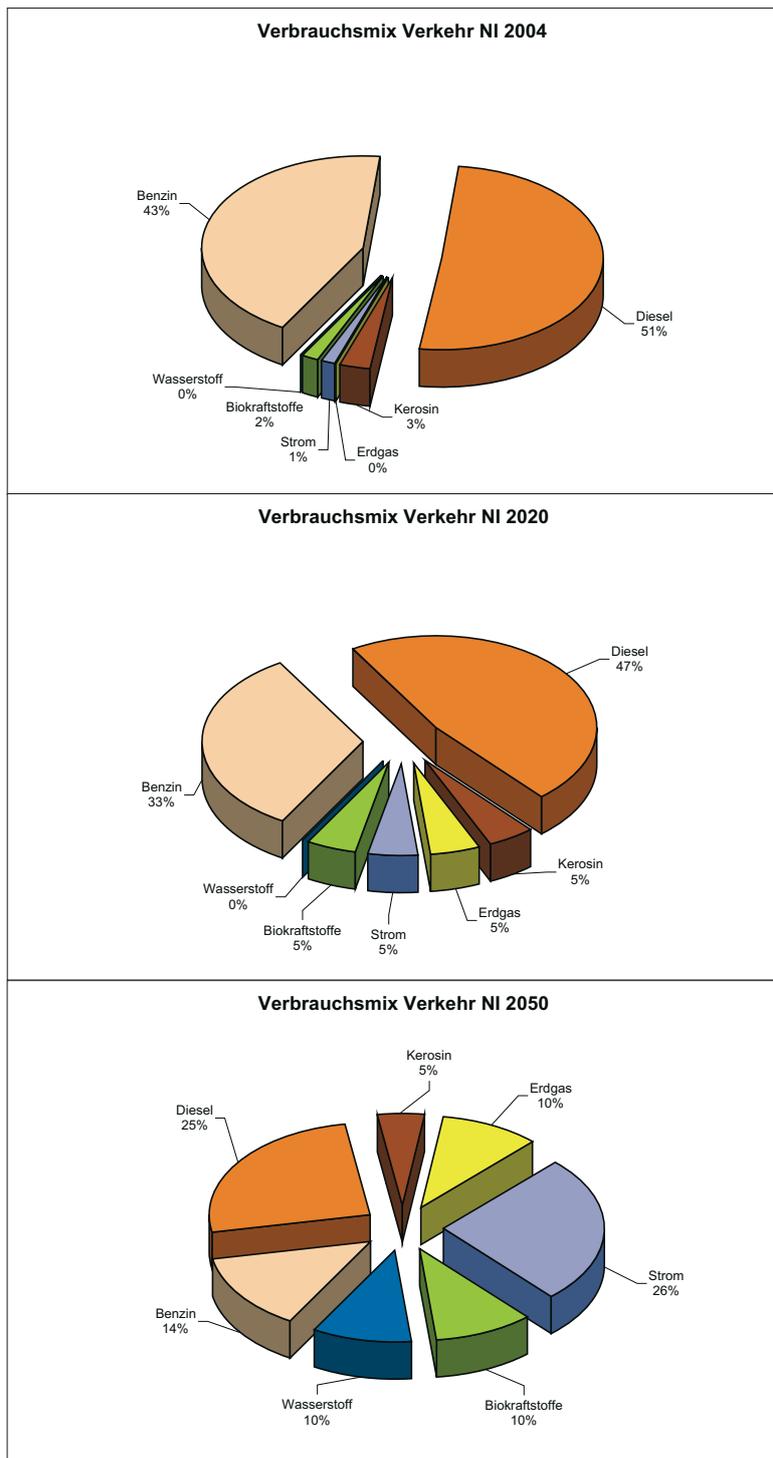


Abb. 14:
Verbrauchsmix der einzelnen
Energieträger im Verkehr

Tabelle 6: Ergebnisse des Grünen Energieszenarios Niedersachsen für den Energieverbrauch im Verkehr

	2004			2020			2050		
	Verbrauch [GWh]	Anteil	CO ₂ -Emission [t/a]	Verbrauch [GWh]	Anteil	CO ₂ -Emission [t/a]	Verbrauch [GWh]	Anteil	CO ₂ -Emission [t/a]
Benzin	29.703	43,33%		20.853	33,10%		6.529	13,60%	
Diesel	34.725	50,66%		29.673	47,10%		12.290	25,60%	
Kerosin	1.994	2,91%		3.024	4,80%		2.304	4,80%	
Erdgas	0	0,00%		3.150	5,00%		4.801	10,00%	
Strom	895	1,31%		3.150	5,00%		12.482	26,00%	
Biokraftstoffe	1.229	1,79%		3.150	5,00%		4.801	10,00%	
Wasserstoff	0	0,00%		0	0,00%		4.801	10,00%	
Kraftstoffverbrauch Niedersachsen	68.546	100,00%	18.100.000	63.001	100,00%	13.968.478	48.007	100,00%	6.689.130
Reduktion des Verbrauchs (Bezug 2004)				-8,09%			-29,96%		35,77%
CO₂-Emission (Bezug 1990: 18.700.000 t/a)			96,79%			74,70%			-12,010.870 t/a
Veränderung CO₂-Emission in Niedersachsen (Basis 1990: 18.700.000 t/a)			-600.000 t/a			-4.731.522 t/a			-64,23%
			-3,21%			-25,30%			
CO₂-Emission in Deutschland BMU-Leitstudie 2007 bezogen auf Basis 1990 mit 162.487.040 t/a			184.000.000 t/a			142.000.000 t/a			68.000.000 t/a
Anteil von Niedersachsen (Basis 1990: 11,5 %)			113,24%			87,39%			41,85%
			9,84%			9,84%			9,84%

Erläuterungen:

- 1 GWh = 1.000 MWh = 1.000.000 kWh
- 1 l Benzin = 9 kWh
- 1 l Diesel = 9,9 kWh
- 1 l Biodiesel = 9 kWh
- 1 l Ethanol = 5,8 kWh
- 1 m³ Erdgas = 9 kWh
- 1 m³ Wasserstoff = 2,8 kWh

4.2.2 CO₂-Emissionen

Die Verkehrsentwicklung von 1990 bis 2004 hat im Bundesdurchschnitt zu einer um 13 Prozent erhöhten CO₂-Emission geführt. Ursachen sind sowohl die erhöhten Fahrleistungen durch die gestiegenen Anforderungen an die persönliche Mobilität und den globalisierten Warenaustausch sowie der von der Autoherstellern unterstützte Trend zu immer größeren, schwereren und mit stärkerer Motorleistung ausgestatteten Fahrzeugen. Im Land Niedersachsen war dieser Trend nicht ganz so stark ausgeprägt. Es hat sich eine geringe Absenkung der CO₂-Emissionen um 3 Prozent gezeigt.

Mit den Maßnahmen des Grünen Energieszenarios kann diese Entwicklung deutlich verstärkt werden. Die Emissionen in Niedersachsen werden in 2020 um 25 Prozent absinken und in 2050 um 64 Prozent (Abb. 15).

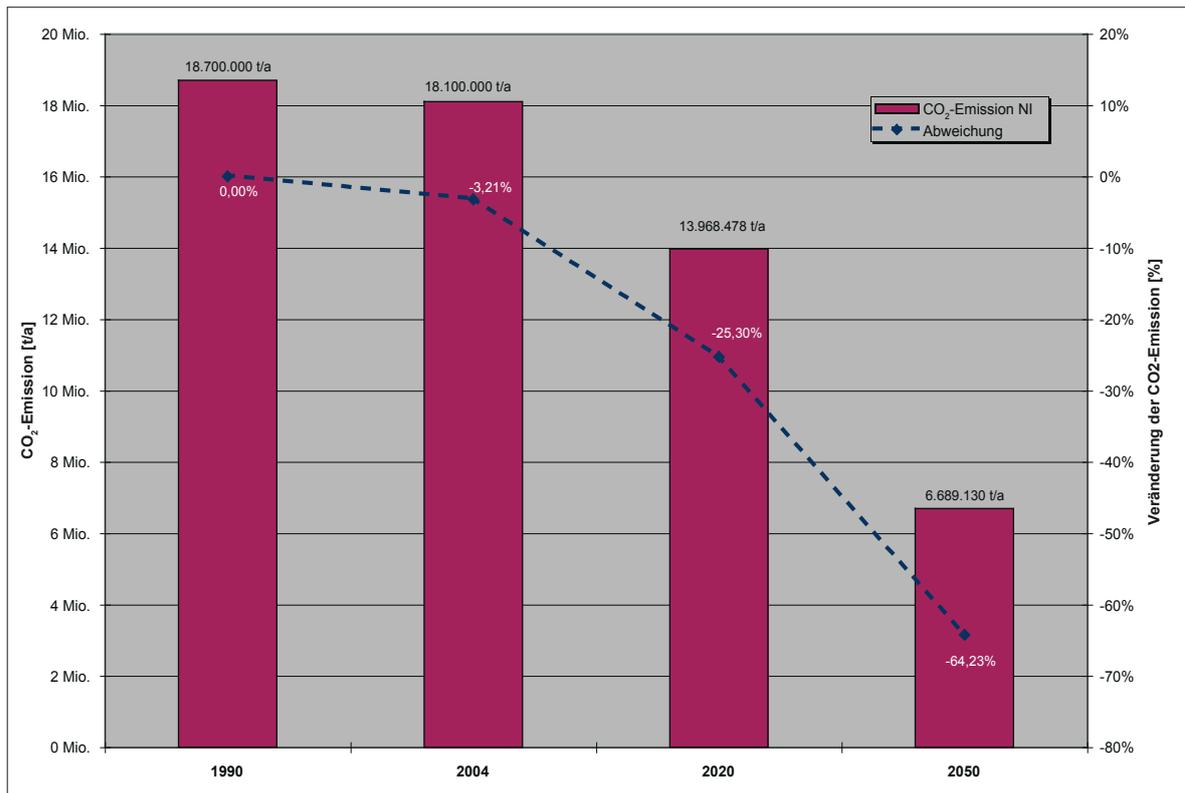


Abb. 15: Entwicklung der CO₂-Emissionen durch den Verkehr

5 Zusammenfassung

Wird das Grüne Energieszenario für Niedersachsen durch flankierende politische Maßnahmen wie Anreizprogramme oder ordnungsrechtliche Vorgaben gerade im Baurecht, bei der Landesplanung, der lokalen Bauleitplanung sowie in der Verkehrsplanung umgesetzt, steht den Bürgern und den Betrieben des Landes auch beim Versiegen der fossilen Energiequellen genug Energie zu angemessenen Preisen zur Verfügung. Die Atom- und die Kohletechnologien werden dazu nicht benötigt.

Im Vordergrund steht zunächst die Reduzierung des Energieverbrauchs durch Einsparung z. B. in Form besserer Wärmedämmung der Gebäude nicht nur im Neubau sondern auch im Bestand. Im gleichen Sinne wirkt auch die Effizienzsteigerung z. B. durch das Downsizing der Motoren oder die Wirkungsgradverbesserung bei den Umwandlungsprozessen. Extrem kontraproduktiv dazu ist der von den Energiekonzernen bevorzugte Einsatz der CCS-Technologie. Damit verbraucht ein Kohlekraftwerk etwa 20 Prozent mehr Energie als bisher. Außerdem wird ein weiteres Entsorgungsproblem wie bei der Atomtechnik geschaffen. Die Lagerstätten müssen noch Hunderte von Generationen nach uns gesichert werden.

Zunächst sieht das Szenario eine verstärkte Verwendung des länger zur Verfügung stehenden Energieträgers Erdgas vor, insbesondere in Ressourcen sparenden Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozessen. Mit dem konsequenten Einsatz von Objekt-BHKW als Ersatz für alte Heizungsanlagen und deren virtueller Vernetzung zu einem landesweiten Kraftwerk wird eine maximale Effizienzsteigerung bei der Bereitstellung von Strom und Wärme geschaffen.

Langfristig setzt das Grüne Energieszenario auf den Einsatz von erneuerbaren Energien. Gerade bei der Stromerzeugung sind dort kurzfristige Erfolge möglich, wenn die Investitionsanreize in der Neufassung des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) und bei der Ausweisung von Windstandorten durch die Landesplanung richtig gesetzt werden. Beim Wärmebedarf bietet sich dafür eine ordnungsrechtliche Lösung analog dem Modell aus Baden-Württemberg an. Dabei wird zur Deckung des Wärmebedarfs der Gebäude eine Quote für den Anteil erneuerbarer Energien oder der effizienten Kraft-Wärme-Kopplung verbindlich festgesetzt.

Bei dem künftig zu erwartenden Überschuss an regenerativ erzeugtem Strom besteht auch die Möglichkeit, die Energieträger Strom und Wasserstoff klimaneutral für den Verkehr zu nutzen. Dessen Vorteile im Hinblick auf einen klimaneutralen und praktisch schadstofffreien Fahrzeugantrieb sichert auch langfristig die notwendige und vom ÖPNV nicht allein zu realisierende Mobilität in den ländlich strukturierten Regionen Niedersachsens.

Mit dem Grünen Energieszenario für Niedersachsen gehen keine Lichter aus, weder im Land noch bei den Nachbarn. Dies hat die plötzliche Abschaltung der beiden Atomkraftwerke Krümmel und Brunsbüttel in Schleswig-Holstein gezeigt. Die Mobilität für die Bürger und die Wirtschaft bleibt gewahrt.

Mit diesem Konzept kann das Land seinen Verpflichtungen zum Klimaschutz⁶⁴ wirksam nachkommen (Abb. 16). Die CO₂-Emissionen sinken bis 2020 um knapp 20 Prozent und bis 2050 um über 50 Prozent, bezogen auf den Basiswert von 1990.

⁶⁴ Die Klimaschutzziele der EU sehen eine Einsparung vom 20 Prozent am Primärenergiebedarf bis 2020 vor

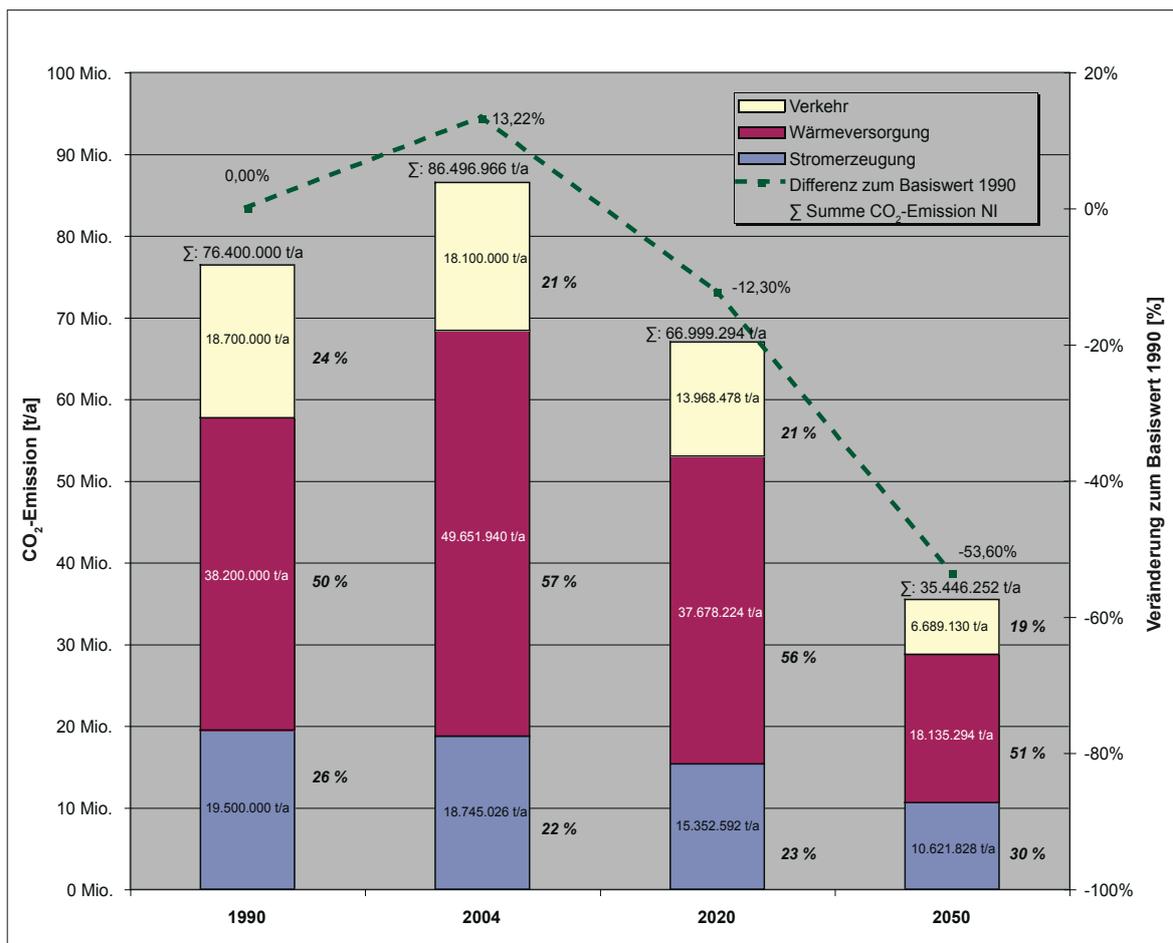


Abb. 16: Absenkung der CO₂-Emissionen des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario

Pro Einwohner wird die niedersächsische energiebedingte CO₂-Emission wirksam reduziert. Sie sinkt von 10,32 t pro Jahr in 1990 auf nur noch 4,44 t in 2050⁶⁵ (Tabelle 7 und Abb. 17).

Tabelle 7: Verlauf der CO₂-Emissionen pro Einwohner des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario

	Niedersachsen			
	Strom	Wärme	Verkehr	Gesamt
1990	2,64 t/a	5,16 t/a	2,53 t/a	10,32 t/a
2004	2,34 t/a	6,21 t/a	2,26 t/a	10,81 t/a
2020	2,14 t/a	4,71 t/a	1,75 t/a	8,60 t/a
2050	1,33 t/a	2,27 t/a	0,84 t/a	4,44 t/a

⁶⁵ Die Daten für die energiebedingten CO₂-Emissionen sind aus den Tabellen 2, 5 und 6 entnommen. Die Einwohnerzahlen für Niedersachsen sind aus der Energiebilanz 2004 entnommen (Tabelle 17 auf Seite 27) mit 7,4 Mio. für 1990 und 8 Mio. ab 2004. Der demographische Wandel ist nicht berücksichtigt.

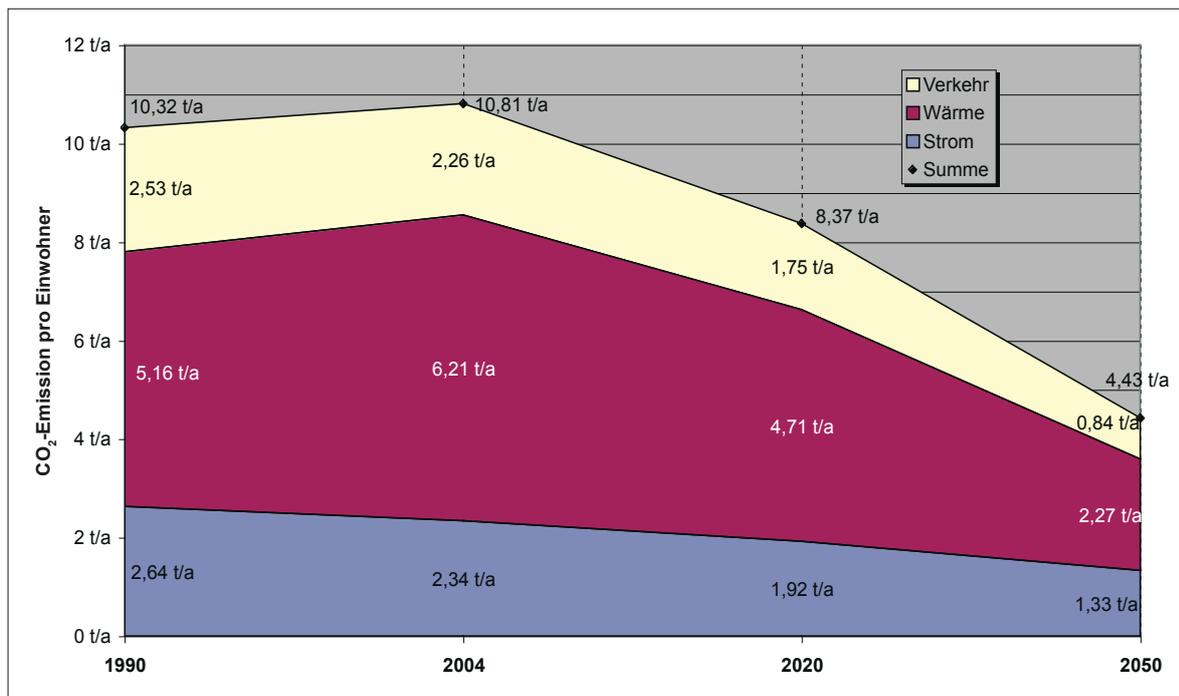


Abb. 17: Verlauf der CO₂-Emissionen pro Einwohner des Landes Niedersachsen durch das Grüne Energieszenario

Mit dem Neubau von Kohlekraftwerken und der Verzögerungstechnik der Automobilindustrie beim langfristig einzig sinnvollen und wirksamen Weg hin zu effizienten Elektroantrieben wird dies nicht erreicht. Die Emissionen verbleiben auf dem Niveau von 1990 und die bis 2004 erzielten Erfolge können sogar wieder zunichte gemacht werden.

Das Grüne Energieszenario für Niedersachsen sichert die Zukunft des Landes für die jetzigen und nachfolgenden Generationen. Es muss daher Handlungsziel der Politik in Niedersachsen auf allen Ebenen sein, im Land, im Bund über die MdB, für die Landesregierung und gerade auch im kommunalen Bereich bei der Bauleitplanung und der lokalen Umsetzung von Förderprogrammen.

Literatur

- BEI 2007: Bernd Eikmeier, Karin Jahn, Sven Bode, Helmut-M. Groscurth; Entwicklung der Energieversorgung in Norddeutschland; bremer energie institut und arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik, Mai 2007
- Bioenergiedorf 2006: Datenblatt Bioenergieanlage Jühnde; Bioenergiedorf Jühnde eG, www.bioenergiedorf.de, 15.06.2006
- BMU-Leitstudie 2007: Joachim Nitsch; Leitstudie 2007 „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Februar 2007
- Czisch 2005: Gregor Czisch; Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung; Dissertation Universität Kassel, 2005

- IKEE 2007: Hintergrundpapier: Das Kombikraftwerk; Informationskampagne für erneuerbare Energien, www.unendlich-viel-energie.de, 09.10.2007
- Jung 2007: Reinhard Jung; Stand und Aussichten der Tiefengeothermie in Deutschland, Erdöl Erdgas Kohle 123 (2007), Heft 2, S 1-7
- Müller 2007: Michael Müller, Ursula Fuentes, Harald Kohl; Der UN-Weltklimareport; Köln, 2007
- ML 2007: Niedersachsen Agrarland Nr. 1 und Biogasland Nr. 1; Pressemitteilung des Niedersächsischen Ministeriums für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 27.08.2007
- MU 2006: Moderne Umweltpolitik in Niedersachsen; Niedersächsisches Umweltministerium, September 2006
- Nitsch 2001: J. Nitsch, Christine Rösch; Regenerative Energien im Rahmen einer nachhaltigen Energieversorgung, Kurzfassung des Teilberichtes „Schlüsseltechnologie Regenerative Energien“; DLR und FZ Karlsruhe, Juli 2001
- NLS 2006: Gebäude- und Wohnungsfortschreibung in Niedersachsen zum 31.12.2006, Tabelle M8031021; Niedersächsisches Landesamt für Statistik
- Öko-Institut 2007 Uwe R. Fritsche; Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung -Arbeitspapier-; Öko-Institut Darmstadt, März 2007
- Paschen 2003: Herbert Paschen, Dagmar Oertel, Reinhard Grünwald; Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland, TAB-Arbeitsbericht Nr. 84; Deutscher Bundestag, Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung, Februar 2003
- Pestel 2007: Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2004; Pestel Institut Hannover im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Januar 2007
- Ritz 2007: Hauke Ritz und Otto Wiesmann; Peak Oil: der globale Krieg ums Öl; Blätter für deutsche und internationale Politik 7/2007, S 837-844
- UBA 2006: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2004; Umweltbundesamt, Bericht 03-06, Mai 2006
- UBA 2007: Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO₂-Emissionen bis 2020; Umweltbundesamt, Bericht 05-07, Juni 2007
- UBA 2007a: Nachhaltige Wärmeversorgung – Sachstandsbericht; Umweltbundesamt, Bericht 03-07, März 2007
- UBA 2007b: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emission 1990 – 2005, Version 1.05 vom 28.03.2007; Umweltbundesamt, März 2007

Anhang:

Vorschläge für politische Maßnahmen

Allgemein

- Schaffung einer niedersächsischen Klimaagentur, die einen Klima-Innovationsfonds im Umfang auf 1 % des Bruttoinlandsproduktes analog des Stern-Reports für Klimaschutzprojekte anwachsen muss. Dies entspricht einem Volumen von etwa 1,9 Mrd. EUR pro Jahr.

Stromversorgung

- Ausstieg aus der Atomenergie und Verzicht auf neue Kohlekraftwerke. Schaffung einer landesgesetzlichen Grundlage zum Verbot von CO₂-emittierenden Stromerzeugungsanlagen mit einem Wirkungsgrad von weniger als 60 Prozent.. Der Neubau von Großkraftwerken muss zudem über eine Anpassung der Gebührenregelung für die Wassernutzung zu Kühlzwecken gesteuert werden.
- Verbesserung der Bedingungen im Baurecht und der Bauleitplanung für die Errichtung von BHKW und Wärmenetzen. Möglichkeit zur Festsetzung der BHKW-Nutzung im B-Plan durch die Kommunen.
- Erhöhung der Einspeisevergütung für Off-Shore-Windstrom auf die derzeit für die wirtschaftliche Realisierung erforderliche Größenordnung von 12 bis 14 ct/kWh.
- Förderung der Erkundung alter Öl- und Gasfelder auf die Eignung zur Nutzung als Druckluftspeicher für Druckluftspeicherkraftwerke; Verzicht auf die Nutzung als CO₂-Lagerstätten, die über mehrere Jahrtausende betrieben und gesichert werden müssen.
- Austausch alter Heizungsanlagen gegen Objekt-BHKW durch Anreize zur Heizungsmodernisierung.
- Realisierung des HGÜ-Kabels NorGer von Wilhelmshaven nach Norwegen innerhalb von 5 Jahren mit zukünftiger Einbindung ins geplante europaweite HGÜ-Netz.
- Schaffung von virtuellen Kraftwerken über die Zusammenschaltung von Objekt-BHKW und Kombikraftwerken unter Federführung einer künftigen Klimaagentur des Land mit unter Beteiligung der kommunalen Energieversorger. Dazu sind Marktanreize über Förderprogramme aus dem neuen Klima-Innovationsfonds des Landes und ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Heizungserneuerung sinnvoll.
- Einführung einer landesweiten Klimawette für das Stromsparen durch Verbraucher, Unternehmen und Verwaltungen im Sinne von „Schätze heben“. Ziel könnte z. B. die Netto-Reduzierung des Stromverbrauchs um 10 Prozent im ersten Jahr sein.

Wärmeversorgung

- Schaffung eines Wärmegesetzes mit verbindlichen Vorgaben für Neubauten und den Bestand zum Anteil der durch erneuerbare Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung zu erzeugenden Wärme. Vorgaben im Baurecht zur Ausrichtung von Neubauten zwecks optimaler Ausnutzung von Sonnenenergie schaffen.
- Regelungen schaffen zur Nutzungseinschränkung von Umweltwärme (Flach-Geothermie) zur Wärmeerzeugung mit Elektro-Wärmepumpen in Gebäuden, die nicht dem Passivhausstandard zum Heizwärmebedarf (maximal 1,5 l/m² bzw. 15 kWh/m²) entsprechen.
- Erschließung der nutzbaren Tiefen-Geothermie für Nah- bzw. Fernwärmenetze im Raum Hannover, Osnabrück, Wilhelmshaven.
- Förderung des Austauschs alter Heizungsanlagen gegen Objekt-BHKW durch Zuschüsse zur Heizungsmodernisierung über den neuen Klima-Innovationsfonds des Landes.
- Bereitstellen von Sonderkrediten durch den neuen Klima-Innovationsfonds zur Abdeckung der Mehrkosten für den Bau oder Umbau von Gebäuden auf Passivhausniveau (Heizwärmebedarf maximal 1,5 l/m² bzw. 15 kWh/m²).
- Mieterschutz stärken bei Verwendung von Heizungssystemen, die nicht vom Vermieter betrieben werden, z. B. Nahwärme, Fernwärme, Contracting. Denkbar ist z. B. eine Differenzierung im Mietspiegel oder eine andere Vorgabe zur Kostenverteilung auf Mieter und Vermieter über die Fernwärmeverordnung.

Verkehr

- Über Marktanzreizprogramme des neuen Klima-Innovationsfonds die Nutzung von Erdgas- und Biogasfahrzeugen sowie die Schaffung der entsprechenden Gastankstellen, und Einspeisestellen für Biogas fördern.
- Für den Nahbereich die Nutzung von Elektrofahrzeugen fördern, z. B. in Kleintransportern oder PKW, durch Errichtung von Ladestationen an jedem bewirtschafteten öffentlichen Parkraum. Diese können z. B. in die Bezahlungssysteme für den Parkraum integriert werden.
- Die Landesregierung als großer Flottenbetreiber unterstützt diesen Umsteuerungsprozess hin zu elektrischen Antriebssystemen in Fahrzeugen durch entsprechende Anpassung der Leistungsverzeichnisse von Ausschreibungen. Ab 2012 werden nur noch Automobilhersteller berücksichtigt, die zu diesem Zeitpunkt in jeder Fahrzeugklasse auch Elektrofahrzeuge, serielle Hybrids oder Plug-in-Hybrids im Angebot für den deutschen Markt haben. Für den Einsatz im Nahbereich werden ab 2012 vorrangig Elektrofahrzeuge oder serielle Hybrid-Fahrzeuge beschafft.
- Schaffung eines Netzes von Wasserstoff-Tankstellen für regenerativ erzeugten Wasserstoff nach Errichtung der Offshore-Windenergieanlagen.
- Unterstützung des Aufbaus von flächendeckenden Car-Sharing-Netzen durch Umstellung aller Dienstwagen von Land und Kommunen auf Car-Sharing mit PPP (Ausnahmen: Polizei und Spezialfahrzeuge).

Sonstiges

- Bindung des kommunalen Finanzausgleichs an die Senkung der kommunalen CO₂-Emissionen im Sinne eines Benchmarkings und Anreizsystems.

Impressum

Herausgeber:
Stefan Wenzel MdL
Andreas Mehsies MdL
Hinrich-Wilhelm-Kopf-Platz 1, 30159 Hannover
T 0511/3030-4201, F 0511/329829
gruene@lt.niedersachsen.de, www.gruene-niedersachsen.de
Fachliche Bearbeitung: Dr.-Ing. Valerie Wilms, Wedel
Dezember 2007



Foto: Enercon GmbH